

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİLİM TARİHİ (FELSEFE)
ANABİLİM DALI**

**PTOLEMAİOS VE KOPERNİK ASTRONOMİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
VE “YENİ ASTRONOMİNİN TEMELLERİ”**

Doktora Tezi

Tuba Uymaz

Ankara 2015

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİLİM TARİHİ (FELSEFE)
ANABİLİM DALI**

**PTOLEMAİOS VE KOPERNİK ASTRONOMİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
VE “YENİ ASTRONOMİNİN TEMELLERİ”**

Doktora Tezi

Tuba Uymaz

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Remzi Demir**

Ankara 2015

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİLİM TARİHİ (FELSEFE)
ANABİLİM DALI

PTOLEMAİOS VE KOPERNİK ASTRONOMİSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI
VE “YENİ ASTRONOMİNİN TEMELLERİ”

Doktora Tezi

Tuba Uymaz

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Remzi Demir

Tez Jüri Üyeleri

Adı ve Soyadı:

İmzası:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tez Sınav Tarihi.....

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim.(...../...../20....)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı Soyadı

.....

İmzası

.....

İçindekiler

ÖNSÖZ	1
GİRİŞ	3
BİRİNCİ BÖLÜM: <i>ALMAGEST</i>	5
1.1. Güneş.....	6
1.2. Ay	17
1.3. Gezegenler	33
1.3.1. Merkür (İç Gezegen)	39
1.3.2. Mars (Dış Gezegen).....	50
1.4. Gezegenlerin Enlem Hareketleri	66
İKİNCİ BÖLÜM: <i>GÖKSEL KÜRELERİN DEVİNİMLERİ ÜZERİNE</i>	71
2.1. Güneş.....	73
2.2. Ay.....	92
2.3. Gezegenler	106
2.3.1. Mars (Dış Gezegen)	113
2.3.2. Merkür (İç Gezegen)	120
2.4. Gezegenlerin Enlem Hareketleri.....	132
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: <i>ALMAGEST VE GÖKSEL KÜRELERİN DEVİNİMLERİ ÜZERİNE'DE YER ALAN GEZEĞEN MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE FARKLARIN TESPİTİ</i>	141
3.1. Güneş	141
3.1.1. <i>Almagest</i> 'te Yer Alan Güneş Modeli.....	141
3.1.2. <i>Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine</i> 'de Yer Alan Güneş Modeli	146
3.1.3. İki Model Arasındaki Farklar	151
3.2. Ay.....	153
3.2.1. <i>Almagest</i> 'te Yer Alan Ay Modeli	153
3.2.2. <i>Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine</i> 'de Yer Alan Ay Modeli	161
3.2.3. İki Model Arasındaki Farklar	167
3.3. Gezegen Modelleri	168
3.3.1. <i>Almagest</i> 'te Yer Alan Gezegen Modelleri	168
3.3.2. <i>Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine</i> 'de Yer Alan Gezegen Modelleri ..	174
3.3.3. İki Model Arasındaki Farklar	180

3.4. Merkür (İç Gezegen)	182
3.4.1. <i>Almagest</i> 'te Yer Alan Merkür Modeli	182
3.4.2. <i>Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine</i> 'de Yer Alan Merkür Modeli	186
3.4.3. İki Model Arasındaki Farklar	188
3.5. Mars (Dış Gezegen)	189
3.5.1. <i>Almagest</i> 'te Yer Alan Mars Modeli.....	189
3.5.2. <i>Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine</i> 'de Yer Alan Mars Modeli	192
3.5.3. İki Model Arasındaki Farklar	194
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: İSLAM ASTRONOMLARI VE KOPERNİK	195
4.1. İslam Atronomları ve Yeni Astronominin Temelleri.....	195
4.1.1. Nasîrüddîn el-Tûsî	199
4.1.2. Mû'eyyed el-Dîn el-'Urdî.....	206
4.1.3. Kutbeddîn el-Şîrâzî.....	209
4.1.4. İbn el-Şâtır.....	212
4.1.5. Ali Kuşçu	219
4.2. Kopernik ve Güneş Merkezli Sistem'in Doğuşu	222
SONUÇ.....	243
ÖZET	250
ABSTRACT	251
KAYNAKLAR	252
WEB ADRESLERİ	261

ÖNSÖZ

Eski zamanlardan beri Güneş, Ay ve diğer gezegenlerin hareketleri, insanlara hep gizemli gelmiştir. O zamanların bilgeleri duyularıyla algıladıkları bu fenomenlerin neden ve nasıl olduklarını açıklamaya çalışmışlardır. II. yüzyılda İskenderiye’de yaşamış olan Yunanlı astronom ve coğrafyacı Claudius Ptolemaios, kendinden öncekiler tarafından yapılan çalışmaları sistemli bir hale getirerek, yüzyıllar boyu varlığını sürdürecektir olan Dünya merkezli sistemi kurmuştur. Bu sistem, Dünya’nın evrenin merkezinde ve sabit olduğunu, Güneş ve diğer altı gezegenin ise Dünya’nın etrafında döndüğünü söyler.

Ptolemaios’un Dünya merkezli sistemi, Kopernik Güneş’i merkeze alıp durdurup, Dünya’ya ise onun etrafında hareket verdiğini söyleyene kadar hüküm sürdü. Duyuların şahitliğinin aksine, Kopernik, Dünya merkezli sistemi tam karşıtı olan Güneş merkezli sistemle değiştirdi. Bu yeni sistemde Güneş merkezde ve Dünya ise Ay ve diğer gezegenler gibi Güneş’in etrafında hareket etmekteydi. Yıllardır hüküm süren Aristoteles fiziği ve Ptolemaios sistemi, Kopernik’in Güneş merkezli sistemi ile yıkıldı. Bunun yanı sıra, Güneş merkezli sistem ile birlikte Kopernik, bilimsel düşüncelerin evrene bakış açımızı değiştirebileceğini gösterdi ve insanın evrenin hâkimi olduğu tasarımını yerle bir etti.

Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, Ptolemaios’tan Kopernik’e ulaşan tarihsel süreçte İslam astronomlarının Güneş merkezli sistemin doğuşuna yaptıkları muhtemel katkıları tespit etmek ve bu katkıların Bilim Tarihi açısından önemini ortaya koymaktır.

Çalışmam süresince, bilgi, tecrübe ve yardımlarıyla bana ışık tutmalarının yanı sıra insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim değerli hocalarıma, başta danışmanım Prof. Dr. Remzi Demir olmak üzere Prof. Dr. Melek Dosay Gökdoğan'a ve Prof. Dr. Yavuz Unat'a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca Prof. Dr. Selim Osman Selam'a, yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim.

Son olarak da tezimin hazırlanması sırasında beni cesaretlendiren ve her zaman destek olan Annem'e teşekkür ederim.

GİRİŞ

Bu çalışmada, Ptolemaios ve Kopernik evren sistemleri karşılaştırılarak var olan farkların belirlenmesi ve bu farkların sebepleri açıklanarak, Kopernik'in Güneş merkezli sistemine, İslam astronomlarının yaptıkları katkıların boyutu ve öneminin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Ptolemaios'un *Almagest* adlı eseri ile Kopernik'in *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine (De Revolutionibus Orbium Coelestium)* adlı eseri karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve iki astronomi sistemi arasındaki matematiksel ve fiziksel benzerlikler ve farklar ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra matematiksel ve fiziksel temellerdeki bu farkların oluşmasında İslam astronomlarının ne ölçüde katkı yaptıkları belirlenmiş ve böylece Ptolemaios'tan Kopernik'e ulaşan tarihsel süreçte İslam astronomlarının etkileri açıkça ve inkâr edilemez bir biçimde ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Böylece, matematiksel modeller, fiziksel gözlemler ve yorumlar açısından bakıldığında, İslam astronomlarının Modern Astronomi'nin doğuşuna yaptıkları katkıların boyutlarını sergilenmiş ve gerçek değeri belirlenmeye çalışılmıştır.

Dolayısıyla tezde, Ptolemaios ve Kopernik sisteminde yer alan farklılıkların çoğunluğunun nereden kaynaklandığı, eğer bu farklar geometrik-kinematik tasarım değişikliğinden diğer bir deyişle İslam astronomların çalışmalarından kaynaklanıyorsa bunun nasıl olduğu, Kopernik'in bu yama gereksinimlerine kökten değişiklik getirecek yaklaşımın gerekliliğinin farkına nasıl vardığı ve geleneksel soruna, geleneksel yaklaşımın psikolojik pençesinden nasıl kurtularak çözüm aradığı cevaplanmaya çalışılmıştır.

Bunun için, tez kapsamında astronomi tarihinin temel metinleri ve bunları destekleyen bilim tarihi çalışmaları bağlamında “yeni astronomi”nin oluşumu incelenmiştir.

Buna uygun olarak tezin Birinci Bölüm’ünde, Ptolemaios’un eseri *Almagest*’te yer alan Güneş modeli, sonra Ay modeli, daha sonra ise iç gezegenlerden Merkür modeli ve dış gezegenlerden Mars modeli, en son olarak da gezegenlerin enlem hareketleri incelenmiştir.

Tezin İkinci Bölüm’ünde, Kopernik’in eseri *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*’de yer alan Güneş modeli, sonra Ay modeli, daha sonra ise dış gezegenlerden Mars modeli ve iç gezegenlerden Merkür modeli, en son olarak da gezegenlerin enlem hareketleri incelenmiştir.

Tezin Üçüncü Bölüm’ünde, *Almagest* ve *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*’de yer alan Güneş, Ay, Merkür ve Mars gezegenlerine ait modeller karşılaştırılmış ve farklar tespit edilmiştir.

Tezin Dördüncü Bölüm’ünün birinci kısmında, İslam astronomisinin önde gelen isimlerinden Mü’eyyed el-Dîn el-‘Urdî, Nasîrüddîn el-Tûsî, Kutbeddîn el-Şîrâzî, İbn el-Şâtır ve Ali Kuşçu gibi astronomların çalışmaları incelenmiştir. Dördüncü Bölüm’ün ikinci kısmında ise, Güneş merkezli sistemin doğuşu başlığı altında, Ptolemios’un ve Kopernik’in sistemleri arasındaki farkların nedenleri, İslam astronomlarının modelleri ile Kopernik’in modelleri arasındaki benzerlikler ve İslam astronomlarının Güneş merkezli sistemin doğuşundaki katkıları tartışılmıştır.

1.1. Güneş

Ptolemaios gezegen hareketlerini açıklamadan önce Güneş ve Ay'ı ele almanın ve bunların hareketleri ile ilgili olayları incelemenin uygun olacağını düşünmüştür. Ona göre, öncelikle Güneş'in hareketi daha sonra da Ay'ın hareketi anlaşılmadan, gezegenlerle ilgili görünümlerin hiçbirisi kavranamaz.

Almagest'in III. Bölüm'ünde Güneş'in hareketini inceleyen Ptolemaios'un modelinde Güneş'in Yer etrafındaki yörüngesi, ekliptik deneni büyük dairedir. Gök ekvatoru ve ekliptik $23^{\circ} 51' 20''$ lik bir açı oluştururlar ve iki noktada birbirlerini keserler. Koç burcu ve Terazî burcunun başlangıç dereceleri olan bu noktalara, ekinoks noktaları denir. Ptolemaios'a göre, Güneş bu noktalardan birisindeyken bir ekinoks günü gerçekleşir. Güneş ekliptikteki yörüngesinin en kuzeyinde olduğunda yaz gün dönümü, en güneyinde olduğunda ise kış gün dönümü meydana gelir. Ekliptik boyunca uzanan takımyıldızlar on ikiye ayrılır ve hepsine birden zodyak denir. Güneş'in açısal hızı zodyaktan geçişi boyunca değişir ve bu değişiklik Güneş Anomalisi olarak adlandırılır.

Yılın süre olarak uzunluğunun bulunması, Güneş ile ilgili olarak açıklanması gerekenlerin ilkidir. Bu nedenle Ptolemaios, yılın uzunluğunu sadece Güneş'in kendi dönüşüne bakarak diğer bir deyişle, kendisinin çizdiği eğimli daireye (ekliptik) bakarak değerlendirmiş ve yılın uzunluğunu, Güneş'in bu dairede belirli bir sabit noktadan aynı noktaya sürekli olarak ilerlediği süre olarak tanımlamıştır. Dolayısıyla, bir tropik veya ekinokstan aynı tropik ya da ekinoksa geri dönüşe kadar ve nispeten

uzun bir zamanda yapılan, mümkün olduğunca çok gözlem ile bulunan süre, Güneş yılı olarak değerlendirilmiştir.³

Ptolemaios'un Güneş modeli, Hiparkos'un Güneş modelinin aynısıdır. Modelini oluştururken, Hiparkos'un tropik ve ekinokslara dair gözlemlerini kullanmış ve bunlara ek olarak kendisi de tropik ve ekinokslara dair gözlemler yapmıştır.

“Biz, tropikler ve ekinokslara dair yaptığımız sürekli aletli gözlemlerimizle bu sürelerin eşit olduğuna eminiz. Çünkü biz bunların ek çeyrek günden kayda değer miktarda farklı olmadığını, bazen aletlerin yapımı veya konumundan kaynaklanan hatalara dayandıklarını bulduk. Çünkü biz Hiparkos'un bildirdiklerinden, eşitsizlik ile ilgili hatanın daha çok gözlemlerden kaynaklandığını tahmin ediyoruz. Çünkü ilk olarak *Tropik ve Ekinoks Noktalarının Devinimi Üzerine* adlı incelemesinde, yaz ve kış tropikleri ona doğru bir şekilde gözlemlenmiş gibi gözüküyordu ve bu yüzden kendisi bunların aralarında, yılda bir eşitsizlik olduğunun farkına vararak, böyle bir fark olmadığını kabul etmiştir.”⁴

Hiparkos'un art arda gelen birkaç ekinoks arasını ölçtüğünü söyledikten sonra, onun yapmış olduğu gözlemleri sıralamış ve değerlendirmiştir.

“İlk olarak çok doğru şekilde gözlemlenmiş olan sonbahar ekinokslarının tarihlerini listeler. Biri, Üçüncü Callippic dönemin⁵ 17. yılına, Güneş batarken Mesori'nin 30'una ve bir diğeri, üç yıl sonra 20. yıla, sabah araya eklenen günlerin ilkinde, öğleye olması gerekirken sabaha denk gelmiştir; böylece çeyrek günlük bir uyuşmazlık olmuştur. Bir

³ Claudius Ptolemaios, *The Almagest*, Great Books Of The Westren World, XVI, İngilizceye Çev.: Catesby Taliferdo, Chicago, London, Toronto 1952, s. 77.

⁴ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 78.

⁵ Calliptik dönem yada periyot: Callipus tarafından M.Ö. 330 yıllarında önerilmiş olan ve kavuşul (sinodik) Ay (Bir yeniay devresinden ikinci bir yeniay devresine değin geçen süre; 29.530589 gündür; 29gün 12sa 44dk 02s.9) ve yılın ortak katlarına dayanan bir takvimlendirme biçimidir. Periyodik döngü 76 yıldır. Ayları şöyledir: Thoth, Phaophi, Athir (Athyr), Choiak, Tybi, Meshir (Mechir), Phamenoth, Pharmouthi, Pahchom, Payni, Epihi, Mesori (Mesore).

başkası bir yıl sonra, 21. yıla, bir önceki gözleme uygun olan altıncı saatte denk gelmiştir. Bir başkası on bir yıl sonra, 32. yıla, araya eklenen günlerin üçüncüsünde dördüncü günden önceki gece yarısına denk gelmiştir. Bu da sabah olmalıydı, böylelikle yine çeyrek günlük bir uyumsuzluk olmuştur. Bir başkası bir yıl sonra, 33. yıla, araya eklenen günlerin dördüncüsünde sabaha denk gelmiştir; bu bir önceki gözlemle uyumlu olmuştur. Bir başkası üç yıl sonraya, 36. yıla, araya eklenen günlerin dördüncüsünde akşam olmuştur. Bu da gece yarısı olmalıydı; böylelikle yine çeyrek günlük bir uyumsuzluk olmuştur.”⁶

Böylece Ptolemaios da Hiparkos gibi, yıl boyunca tropikler ve ekinokslar ile ilgili görülebilen bir düzeltim anomalisi olan Güneş’e ait sadece bir anomaliye sahip modeller kullanmıştır.

Dolayısıyla Hiparkos'un verilerinden ve kendisi tarafından gözlemlenen ardışık Güneş geçişlerinden, tropikler ve ekinokslar ile ilgili olarak değerlendirilen yıl uzunluğunu $365 \frac{1}{4}$ günden az bulmuştur. Ancak çok küçük olan farktan dolayı uzun yıllardır çeyrek gündeki artış gözle görülür ölçüde değişmeden kaldığı için, ne kadar daha az olduğunu büyük bir kesinlikle bulmanın mümkün olmadığını belirtmiştir. Ptolemaios bunun, neredeyse 300 yıl içinde, tropiklerin ve ekinoksların 365 güne eklenen çeyrek günden bir gün öncesine denk geldiğini bulmuştur.

“Öyleyse ben, bu zamana kadar yılın uzunluğu ile ilgili olarak gözlemlenen görünümlerin, mevcut görünümlerin daha öncekilerle çakışması ile tropik ve ekinoksiyal noktaların geri dönüşüne şimdi belirlenen boyut ile uyduğunun açıklandığını düşünüyorum. Tüm bunlar böyle olduğu için, eğer biz bir günü 300 yıla dağıtırsak, her yıla bir günün 12 dakikası düşer. Eğer bunu, çeyrek günün eklendiği 305 gün 15 dakikadan çıkarırsak, aradığımız yıl uzunluğunu - yani 365 gün 14 saat 48

⁶ Ptolemaios, s. 78, 79.

dakikayı buluruz. Bu gün sayısı bizim tarafımızdan şu anda elimizdeki gözlemlerden elde edilebilen en yakın tahmin olarak kullanılabilir.”⁷

Ptolemaios, Güneş’in hareketlerinin ve diğer gezegenlerin özelliklerinin incelenmesi ile ilgili olarak, matematikçilerin gezegenlerin tüm görünümünü düzenli ve dairesel hareketlerin ürünleri olarak gösterme amacına sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Ona göre, düzenli hareketleri, dairesel modellerden kaynaklandığı varsayılan anomaliden ayırmak ve görünen hareketleri bunların hepsinin bir birleşimi ve birliği biçiminde göstermek matematikçinin görevidir.⁸

“Çünkü bir dönüşün 365 gün 14 saat 48 dakika olduğu kanıtlandığı için, eğer bunları bir dairenin 360 derecesine bölersek, Güneş’in ekliptik boyunca yaptığı ortalama günlük hareketi yaklaşık $0^{\circ} 59' 8'' 17''' 13^{iv} 12^v 31^vi$ olarak elde edebiliriz; çünkü küsuratı altmışların bu basamağına kadar yürütmek yeterli olacaktır. Yine, ekliptik boyunca günlük hareketin $1/24$ 'ünü alarak, yaklaşık saatlik hareketi $0^{\circ} 2' 27'' 50''' 43^{iv} 3^v 1^vi$ olarak elde ederiz. Aynı şekilde günlük hareketi bir ayın 30 günü ile çarparak, ortalama aylık hareketi $29^{\circ} 34' 8'' 36''' 36^{iv} 15^v 30^vi$ olarak ve bir Mısır yılının 365 günü ile çarparak ortalama yıllık hareketi $359^{\circ} 45' 24'' 45''' 21^{iv} 8^v 35^vi$ olarak buluruz. Yine tabloların yapısında görünen simetriden dolayı, ortalama yıllık hareketi 18 yıl ile çarparak ve tüm daireleri çıkararak, 18 yıllık dönem için fazlalık miktarını $355^{\circ} 37' 25'' 36''' 20^{iv} 34^v 30^vi$ olarak elde ederiz.”⁹

Ptolemaios’a göre bir sonraki konu, Güneş’in belirgin düzensizliğini açıklamak olduğundan, öncelikle gezegenlerin hareketlerinin, evrenin aksi yöndeki hareketi gibi, yapısı gereği tamamen düzenli ve dairesel olduğunu kabul etmek gereklidir. Ona göre, bunların görünür düzensizlikleri, bu hareketleri üretmelerini sağlayan,

⁷ Ptolemaios, s. 83.

⁸ Ptolemaios, s. 83.

⁹ Ptolemaios, s. 83.

kürelerinin üzerindeki dairelerin konumlarından ve dizilimlerinden kaynaklanır, ama gerçekte yapılarında görüntülerinin varsayılan düzensizliği ile ilgili olarak değişmezliklerinden hiçbir ayrılma gerçekleşmemiştir. Bu düzensiz görünümün nedeni olarak, ancak iki temel model gösterilebilir. Çünkü her iki modele göre de, gezegenlerin eşit zaman aralıklarında, evren ile eşmerkezli olan ekliptik dairesinin eşit olmayan yaylarından geçiyor görünmeleri mümkün görünecektir.¹⁰

Ptolemaios bunları belirttikten sonra, iki anomali gerçekleştiren gezegenler durumunda, bu modellerin her ikisini bir araya getirmenin mümkün olduğunu söylemiştir. Ancak, bu gezegenlerin Güneş örneğinde olduğu gibi, sadece bir anomaliye maruz kalmaları durumunda, modellerden biri yeterli olacaktır. Modellerin her birinde aynı oranlar söz konusu olduğunda, tüm görünümlerin, modellerin her birine göre alternatifli olarak ele alınabileceği anlaşılabilir.¹¹

Demek oluyor ki Ptolemaios'a göre, Güneş'in görünen düzensizliği tektir ve en küçük hareketten ortalama harekete kadar olan zaman, ortalama hareketten en büyük harekete kadar olan zamandan daha büyüktür. Bu da modellerin her biri ile gerçekleştirilebilir. Ama daha basit olan eksantrik modele bağlı kalmak daha makul olacaktır.

Buna göre ilk olarak, Güneş'in dairesinin eksantrikliğinin oranının yani, eksantrik dairenin merkezi ile ekliptiğin merkezinin eksantrik dairenin çapına oranının bulunması gerekir. Daha sonra ise, eksantrik dairenin apojesinin episiklin hangi bölümünde olduğunun bulunması gerekir. Ptolemaios *Almagest*'te bahar ekinoksundan yaz tropiğine kadar geçen zamanı 94 ½ gün ve yaz tropiğinden güz

¹⁰ Ptolemaios, s. 86.

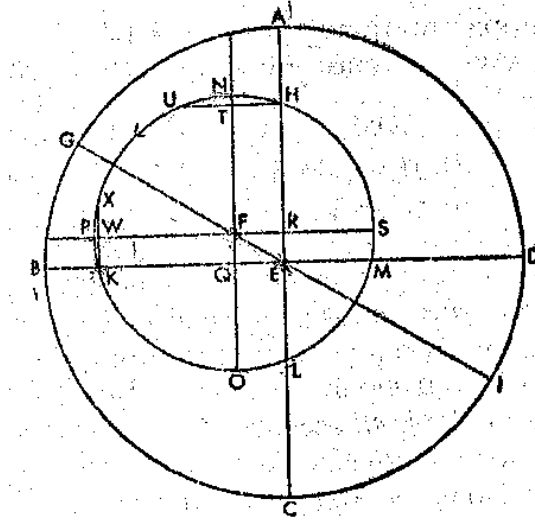
¹¹ Ptolemaios, s. 88.

ekinoksuna kadar geçen zamanı $92 \frac{1}{2}$ gün varsaydığı için, sadece bu görünümünden yukarıda adı geçen merkezler arasındaki düz çizginin, eksantrik dairenin çapının $1/24$ 'üne çok yakın olduğunu ve apojesinin yaz tropiğinden ekliptiğe ait 360° 'nin neredeyse $24 \frac{1}{2}^\circ$ 'si kadar önce geldiğini ispatlamaktadır.¹²

“Biz de bu çeyreklerin zaman aralıklarının ve bu oranların şimdi bile çok yakın olduklarını buluyoruz, dolayısıyla bu şekilde bizim için de Güneş'in eksantrik dairesinin tropik ve ekinokssal noktalar açısından her zaman için aynı konumu koruduğu açıktır. Bu görüşün sadece kulaktan dolma biçimde kullanmayıp, teoriyi kendi sayılarımız ile sistematik olarak açıklamak için, eksantrik daire ile ilgili olarak aynı görünümüleri kullanarak bunları - yani, dediğimiz gibi, bahar ekinoksundan yaz tropiğine kadar $94 \frac{1}{2}$ gün ve yaz tropiğinden güz ekinoksuna kadar $92 \frac{1}{2}$ gün olduğunu ispatlayacağız. İskender'in ölümünden sonraki 463. yılda bizim tarafımızdan yapılan çok doğru gözlemlerle, biz yaz tropiği ve ekinokslar arasındaki gün sayısında tam bir uyum buluruz. Çünkü daha önce de dediğimiz gibi, güz ekinoksu gün doğumundan sonra Athyr'in 9'una, bahar ekinoksu gün ortasından sonra Pachom'un 7'sine denk gelmekte, bu da $178 \frac{1}{4}$ günlük bir aralık yapmakta, ve yaz tropiği gece yarısından sonra Messori'nin 11-12'sine denk gelmekte, bu da bahar ekinoksundan yaz tropiğine kadarki aralığı $94 \frac{1}{2}$ gün yapmakta ve yaz tropiğinden bir sonraki güz ekinoksuna kadar olan aralık için yaklaşık $92 \frac{1}{2}$ gün bırakmaktadır.”¹³

¹² Ptolemaios, s. 93.

¹³ Ptolemaios, s. 93.



Merkezi E olan ABCD eksantrik dairesi olsun ve tropik ve ekinokssal noktalardan birbirine dik AC ve BD çapları çizilmiş olsun. A bahar noktası, B yaz ve geri kalanlar buna bağlı olarak varsayılmış olsun. Eksantrik dairenin merkezinin EA ve EB düz çizgilerinin arasına denk

geleceği açıktır, çünkü bir yandan ABC yarım dairesi yarım yıldan daha fazla zamanı kapsamaktadır ve bu nedenle eksantrikten bir yarım daireden daha büyük bir bölüm ayırmaktadır ve diğer yandan AB çeyrek dairesinin kendisi de daha fazla zamanı kapsar ve eksantrikten BC çeyrek dairesinden daha büyük bir yay ayırır.¹⁴

F noktası eksantrik dairenin merkezi olsun ve EFG çapı hem merkezlerden hem de apojeden geçsin. F merkezi ve herhangi bir yarıçap ile, Güneş'in eksantrik dairesi HKLM çizilmiş olsun ve F'den geçen NQO çizgisi AC'ye ve PRS çizgisi BD'ye paralel olsun. H'den NQO'ya dik olan HTU, K'den PRS'ye dik olan KWX çizilmiş olsun.¹⁵

O zaman, HKLM dairesi üzerinde düzenli olarak hareket eden Güneş, HK yayını 94 ½ günde, KL yayını 92 ½ günde alır ve 94 ½ gün yaklaşık 93°9' ve 92 ½ gün 91°11'ya karşılık geldiğinden, HKL yayı = 180° 20', yarım daire NPO'nun çıkarılması ile NH yayı + LO yayı = 4°20' olur. HNU yayı = 2 HN yayı = 4° 20' olur. Böylece, kiriş HU = 4°32''dir. Burada eksantrik çap = 120^p ve kiriş HU'nun yarısı,

¹⁴ Ptolemaios, s. 93, 94.

¹⁵ Ptolemaios, s. 94.

HT = EQ = 2° 16' dir. Yine, HNPK yayı = 93° 9', HN yayı = 2° 10', çeyrek daire NP = 90° olduğundan, çıkarma yoluyla, PK yayı = 0° 59', KPX yayı = 2° PK yayı = 1° 58' elde edilir. Böylece, kiriş KWX = 2° 4' olur. Bunun yarısı, KW = FQ = 1° 2' olur. Ama, EQ = 2° 16', FQ'nun karesi + EQ'nun karesi = EF'nin karesi'dir. Böylece uzunluk olarak, EF = 2° 29' 30" olur. Eksantrik yarıçap = 60^p'dir. Bu nedenle eksantrik dairenin yarıçapı, merkezi ile ekliptiğin merkezi arasındaki çizginin neredeyse yirmi dört katıdır. FQ = 1° 2' olduğundan, EF = 2° 29' 30" olur. Bu nedenle, FQ = 49° 46' olur. Burada hipotenüs EF = 120^p'dir. EFQ dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, FQ yayı = 49° olduğundan, FEQ açısı = 49° bölü 2 = 24° 30' olur. Böylece, bu açı ekliptiğin merkezinde olduğu için, apoje G'nin yaz tropiği B'nin öncesinde gelmesini sağlayan BG yayı da 24° 30'dir. Son olarak, OS ve SN çeyrek dairelerinin her biri 90° olduğu için, OL yayı = HN yayı = 2°10', MH yayı = 0°59' olduğu için, LM yayı = 86°51', MH yayı = 88°49' olur.¹⁶

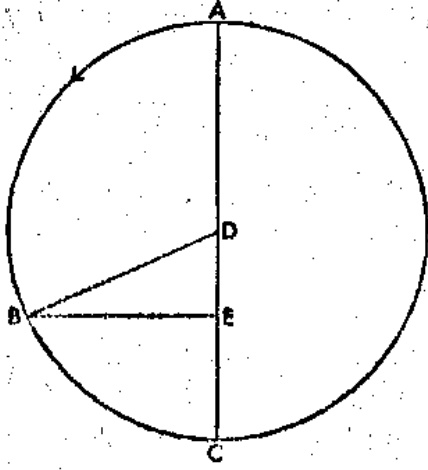
Ama Güneş 86°49' boyunca 88 1/8 günde ve 88°49' boyunca neredeyse 90 1/8 günde düzenli olarak hareket eder. Bu nedenle Güneş, güz ekinoksu ile kış tropiği arasındaki yay olan CD yayını 88 1/8 günde ve kış tropiği ile bahar ekinoksu arasındaki yay olan DA yayını neredeyse 90 1/8 günde kat etmiş görünecektir.¹⁷

Ptolemaios, bu miktarlarla, öncelikle düzenli ve düzensiz hareketler arasındaki en büyük farkın ne kadar olduğunu ve bunun hangi noktada gerçekleştiğini bulmak için D merkezli ABC eksantrik dairesini çizmiştir.¹⁸

¹⁶ Ptolemaios, s. 94, 95.

¹⁷ Ptolemaios, s. 95.

¹⁸ Ptolemaios, s. 95.



A apojesinden geçen çapı ADC ve bu çapın üzerinde ekliptiğin merkezi E olsun. EB, AC'ye dik çizilmiş ve DB birleştirilmiş olsun. Çünkü, DE arası = $2^p 30'$ 'dir. Burada yarıçap $BD = 60^\circ$ 'dir. 1 bölü 24 oranına göre, $DE = 5^p$ olur. Hipotenüs $BD = 120^\circ$ 'dir. BDE dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, DE yayı = 4°

$46'$ 'dir. Böylece en büyük anomalistik farkı içeren DBE açısı, $4^\circ 46'$ bölü 2 dik açının ölçüsü ve $2^\circ 23'$ bölü 4 dik açısının ölçüsü 360° olacaktır. Dik açı $BED = 90^\circ$, BDA açısı = BED açısı + DBE açısı = $92^\circ 23'$ olur.¹⁹

BDA açısı eksantrik dairenin merkezinde ve BED açısı ekliptiğin merkezinde olduğu için, Ptolemaios en büyük anomalistik farkı $2^\circ 23'$ olarak bulmuştur. Ona göre, bunun gerçekleştiği yaylar açısından, düzenli olan eksantriğe ait olan apoleden $92^\circ 23'$ uzaktır, görünür ve düzensiz olan ekliptiğe ait olan yay bir çeyrek daire veya 90° 'dir. Dolayısıyla belirgin ortalama geçiş ve en büyük anomalistik fark 270° ve eksantrik üzerinde düzenli ortalama geçiş $267^\circ 37'$ olacaktır.²⁰

“Geriye, Güneş’in herhangi bir zamandaki belirli seyrini bulmak için, düzenli hareketine ait dönemin belirlenmesi kaldığından, hem Güneş hem de diğer gezegenler durumunda genel olarak bizim tarafımızdan en isabetli şekilde gözlemlenen geçişleri kullanarak ve hâlihazırda gösterilen ortalama hareketler vasıtasıyla dönemlerin belirlenmesini Nabonassar döneminin başına geri götürerek aşağıdaki açıklamayı yapmalıyız. Çünkü eski gözlemler o dönemden günümüze dek tamamen korunmuş halde elimizdedir. Buna göre Güneş’in ortalama hareketi, gök kürelerinin hareketinin

¹⁹ Ptolemaios, s. 96.

²⁰ Ptolemaios, s. 96.

aksi yönde apojeden $265^{\circ} 15'$ uzağında ortalama hareket döneminde ve Balık içinde $0^{\circ} 45'$ noktasında buluruz.”²¹

Ptolemaios, Güneşsel günü, Güneş'in ufkun veya meridyenin belirli bir bölümünden yine aynı bölüme geri dönüşü olarak açıklamıştır. Buna göre, düzenli veya ortalama Güneş günü, ekvatorun bir dönüşüne uygun 360° ekvatorial zamanlık yoluna ek olarak Güneş'in ekliptik boyunca aksine ortalama hareketi için yaklaşık $59'$ ekvatorial zamanı kapsayan bir gündür. Düzensiz Güneş günü ise, ekvatorun bir dönüşüne uygun 360° ekvatorial zamanlık yola ek olarak Güneş'in ya ufuktaki ya da meridyendeki tersine düzensiz hareketine karşılık gelen ekstra yayı kapsayan bir gündür. Güneş'in en büyük anomalistik farkı, Güneş'in bir ortalama hareketinden diğerine kadarki aralıklarla gerçekleşir. Çünkü bu şekilde Güneşsel günlerin toplamı, düzenli veya ortalama Güneşsel günlerin toplamından neredeyse $4 \frac{3}{4}^{\circ}$ ekvatorial zaman kadar farklı ve bir aralık içindeki toplam, bir diğer aralıktaki toplamdan iki kat daha fazla, yani $9 \frac{1}{2}^{\circ}$ kadar farklı olacaktır. Çünkü Güneş'in görünen hareketi, apojenin yarım dairesi içinde, düzenli yoldan $4 \frac{3}{4}^{\circ}$ kadar daha küçüktür, ama perijenin yarım dairesi içinde, aynı miktarda daha büyüktür.²²

Ptolemaios'un belirttiğine göre, buna karşılık gelen doğuş ve batışlardaki düzensizliğin en büyük farkı, tropik noktalar ile sınırlanan yarım dairelerde gerçekleşir. Çünkü o zaman bu yarım dairelerin her birindeki doğuşlar, düzenli olarak kabul edilenlere ait 180° ekvatorial zamandan, en kısa gündüz veya en uzun gündüz ile ekinokssal gün arasındaki fark kadar farklı olacaktır. Ve bunlar birbirlerinden, en uzun gündüz veya gece ile en kısa gündüz veya gece arasındaki

²¹ Ptolemaios, s. 103.

²² Ptolemaios, s. 104, 105.

fark kadar farklı olacaktır. Ama eş zamanlı yükselmeler durumunda eşitsizliğin en büyük farkı, tropik veya ekinokssal noktanın her iki tarafında bir burç olacak şekilde, iki burç içeren aralıklarla gerçekleşir. Çünkü tropiklerdekiler birlikte alındıklarında, düzenli olandan neredeyse ekvatorial zaman kadar, ama ekinokssal noktalardakiler birlikte alındıklarında, 9° ekvatorial zaman kadar farklı olacaktır. Çünkü ikincisi, ortalama hareketten daha küçüktür ve birincisi yaklaşık eşit bir miktarda daha büyüktür. Dolayısıyla Ptolemaios, Güneş günlerinin başlangıçlarını, Güneş'in doğuşlarından veya batışlarından değil, Güneş'in meridyenden geçerken konumlarında tespit etmiştir. Çünkü ufuklar açısından kabul edilen fark, birçok saat kadar olabilir ve her yerde aynı değildir, ancak kürenin her enlemde en uzun gündüzün en kısa gündüz üzerindeki fazlası ile değişir. Ama meridyendeki fark her yerde aynıdır ve Güneş'in anomalistik farkının toplam zamanını aşmaz.²³

²³ Ptolemaios, s. 105, 106.

1.2. Ay

Ptolemaios, Ay teorisine ilişkin yaklaşımına, gözlemlerle ilgili bir tartışmayla başlar. Ona göre, Ay ile ilgili bir model oluşturabilmek için, hem uzun bir zaman periyodunu kapsayan, hem de Ay tutulması gözlemlerinden elde edilen verileri ele almalıyız. Sadece bu veriler aracılığı ile Ay'ın konumları doğru bir şekilde bulunabilir. Diğer tür gözlemler, Ay'ın paralaksları yüzünden çok yanıltıcı olabilirler.²⁴

Güneş tutulmaları Ay'ın araya girmesi ve örtmesi nedeniyle gerçekleşir ve onların meydana gelen şekilleri, gözlemciden Güneş'e doğru bir gölge konisi oluşturur. Sonuç itibariyle bu olgular her yerde ne büyüklük ne de zamansal olarak aynı şekilde gerçekleşmez. Ama Ay tutulması durumunda paralakslarda böyle bir farklılık oluşmaz, çünkü Ay tutulması gözlemciye bağlı değildir.²⁵

Ptolemaios, Ay'ın hareketini Güneş'in hareketinden daha karmaşık bir şekilde açıklamıştır. Çünkü Ay en büyük hızını yörüngesinin herhangi bir yerinde gösterebilir. Buna ek olarak, Ay'ın en büyük kuzey veya güney enlemi, Ay yörüngesinde herhangi bir noktadayken gerçekleşebilir, bu ekliptik ile Ay'ın yörüngesi arasındaki kesişim noktalarının sabit olmadığı anlamına gelir. Bu iki etken Ay modelinin Güneş modelinden daha karmaşık olmasının nedenidir.

Ptolemaios, Ay'ın anomalisinin büyüklüğü ve nasıl gösterileceğinin yöntemini açıklamak için, modelini ilk önce, Ay'a ait sadece bir anomali varmış gibi kurmuştur. Bu, Ay'ın episikl üzerindeki dolanımını tamamlarken oluşturduğu anomalidir. Daha sonra ise, Ay'ın Güneş'ten olan uzanımında gerçekleştirdiği, iki çeyrekte en büyük

²⁴ Ptolemaios, s. 108.

²⁵ Ptolemaios, s. 108, 109.

olan ve aylık dönem içerisinde kavuşumda ve dolunayda olmak üzere iki kez oluşan ikinci bir anomaliyi göstermek için eksantrik modeli kullanmıştır.²⁶

Ptolemaios'a göre bu modeller sırayla sunulmalıdır, çünkü birinci anomali olmaksızın ikinci anomali asla bulunamaz. Birinci anomali, ikinci anomali olmadan bulunabilir, çünkü Ay tutulmasından kaynaklanan birinci anomalide, Güneş'le ilgili olan anomaliye bağlı oluşan hissedilebilir bir fark yoktur. Ptolemaios bunları gösterebilmek için, Hiparkos'un da kullandığı üç Ay tutulmasını dikkate alarak, ortalama hareket noktasında ve apoje konumunda en büyük farkın boyutunu hesaba katmıştır. Daha sonra ise birinci anomalinin kendi içinde ele alındığında hem eksantrik modelle hem de episikl modelle oluşturulacak görüşlerinin aynı olacağını kanıtlamıştır. Ancak episikl modeli kullanmıştır, çünkü iki anomalinin kombinasyonu durumunu gösterirken, Güneş'le ilgili olan ikinci anomalide eksantrik daire ile birlikte kullanılması daha uygun olacağını düşünmüştür.²⁷

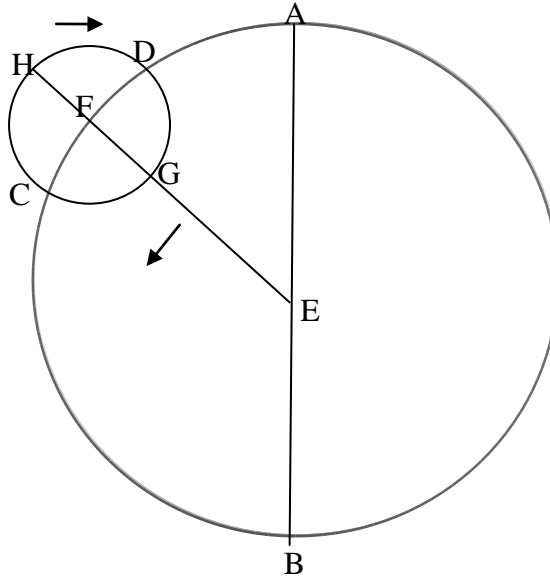
“Böylece, yapılan bu araştırmada, Ay'ın basit anomalisinde, iki geri dönüş dönemi olsa bile, görüşlerin iki hipotezin herhangi birinde aynı olacağını göreceğiz. Bu iki geri dönüş döneminden biri (1) anomaliye ve ikincisi (2) ekliptiğe bağlıdır ve ne Güneş'le ilgili durumda ne de Ay'la ilgili durumda birbirine eşit değildir, sadece oranlar aynı kabul edilebilir. Zira Ay ekliptikle ilgili dönüşünü, anomali ile ilgili olandan daha hızlı bir şekilde gerçekleştirir; bu nedenle, episikl hipotezinde episiklin, ekliptikle eş merkezli daire üzerinde, eşit zamanlarda, Ay'ın episiklin üzerinde kat ettiği yaya benzer daha büyük bir yay boyunca hareket ettiği açıktır. Ancak, eksantrik hipotezinde, Ay'ın eksantrik daire üzerinde kat ettiği yay, episiklin üzerinde kat ettiği yaya eşit olacaktır ve eksantrik daire, Ay ile aynı yönde, boylamsal dolanımının anomalistik dolanımdan farkına eşit bir yay boyunca ekliptiğin merkezi etrafında dönecektir. Yani, eş merkezli

²⁶ Ptolemaios, s. 120.

²⁷ Ptolemaios, s. 120.

dairenin yayı episiklin yayından fazladır. Böylece, sadece oranların benzerliği değil aynı zamanda her bir hareketin zamanlarının eşitliği de her iki hipotezde korunacaktır.²⁸

Ptolemaios, birinci ve basit anomalisi olarak tanımladığı Ay'ın ilk anomalisini göstermek için, hem Hiparkos'un gözlemlerini, hem de kendi yaptığı gözlemleri kullanmış ve modelini daha uzun bir zaman dilimine yayarak güvenilirliğini arttırmıştır.



Ay'ın Birinci Modeli

Şekle göre, Ay küresinin üzerinde ekliptik ile aynı düzlemde uzanan ortak merkezli bir daire ve Ay'ın enlemsel rotasının miktarına orantılı olarak eğimli başka bir daire daha varsayılmıştır. Bu daire ekliptiğin merkezi etrafında düzenli bir hızla, enlemsel hareketin boylamsal hareketten farkına eşit olarak doğudan batıya doğru taşınır. Bu eğik daire üzerinde düzenli bir şekilde ama batıdan doğuya doğru

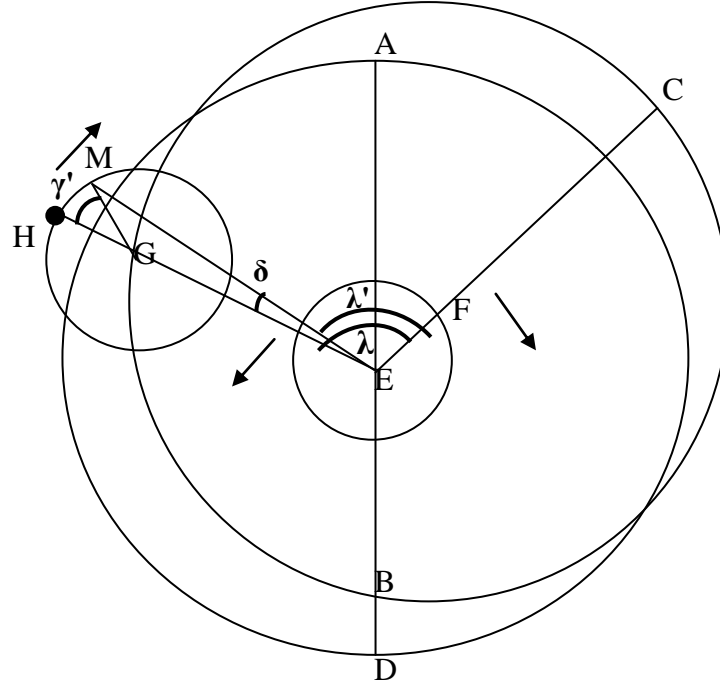
²⁸ Ptolemaios, s. 120.

enlemsel dönüŖe göre uygun hareket eden, ekliptiğe göre düşünölen enlemsel hareketi oluŖturan bir episikl çizilmiş ve bu episikl üzerinde Ay'ın anomalistik dönüŖe göre doğudan batıya doğru apojenin yayını kat edeceğini varsayılmıŖtır. Bu modelde Ptolemaios'a göre, ne enlemsel ilerlemeyi ve Ay'ın dairesinin eğikliği dikkate almamalıyız çünkü bu miktardaki eğim boylamsal harekette kayda değer bir fark oluŖturmaz.²⁹

Ay'ın GüneŖ'e göre karŖılaŖma ve kavuŖum konumları (syzygies) için ilk ve basit anomali ile ilgili olarak hazırlanan model yeterlidir. Kavuşul Ay (synodical) ve Dolunay'ın ikisi de ve onlara eşlik eden tutulmalarla birlikte bu anomaliyi tek başına alabiliriz. Ama Ay'ın GüneŖ'e göre başka konumlarında özel geçiŖlerine baktığımız zaman bu model yeterli olmaz. Çünkü Ay'ın GüneŖ'e göre uzanımından ikinci bir anomali daha vardır ve bu anomali, karŖılaŖma ve kavuşum konumlarında birinciye indirgenen ve birinci ve üçüncü çeyrekte en büyük olan bir anomalidir.³⁰

²⁹ Ptolemaios, s. 123.

³⁰ Ptolemaios, s. 143.



Ay'ın Çifte Anomali Modeli

Demek oluyor ki Ptolemaios'a göre, Ay'ın ekliptikte görünen batıdan doğuya doğru hareketinin toplamını oluşturan beş hareket vardır. Bunlardan birincisi, Ay'ın episikl üzerindeki hareketidir ve şekilde γ' ile gösterilmiştir. İkincisi, episiklin merkezinin, eksantrik dairenin üzerindeki λ' ile gösterilen hareketidir. Üçüncüsü, eksantrik dairenin merkezinin, merkezi ekliptiğin merkezi olan küçük daire üzerindeki hareketidir. Dördüncüsü, eğimli kürenin ve ekliptik düzleminin üzerinde bulunan, ekliptiğin kutupları üzerinde olan kürenin iniş ve çıkış düğümlerini burçlar kuşağının tersi yönünde döndüren harekettir. Beşincisi ise, tüm kürenin, sabit yıldızlar küresine eşit olan hareketidir.

“Enleme meşgul olmak için, ekliptiğin kutuplarında doğudan batıya enlemsel hareketin boylamsala göre artanına eşit hızda, Ay'ın eğik düzleminde ve ekliptikle eş merkezli daire daha önce tasarlandığı gibi tekrarlınsın. Ay, sırasıyla, episiklin etrafında dolandığı varsayılarak birinci anomalinin düzeltimine uygun olarak doğudan batıya doğru

apojesinde hareket eder. Sonra bu eğik düzlemde birbirlerine zıt, ikisi de ekliptiğin merkezinde olmak üzere, iki düzenli hareket olsun: Birisi episiklin merkezinde batıdan doğuya enlemsel harekete göre ve diğeri de merkezin ve eksantirik dairenin apojesinin etrafında dönsün. Episiklin merkezi aynı düzlemde olacak şekilde, enlemsel hareket boyunca Ay'ın Güneş'ten olan uzanımının iki katı fazlasına eşit bir hızla doğudan batıya doğru yani, Ay'ın Güneş'in boylamsal hareketi boyunca yaptığı ortalama boylamsal hareketin fazlalığı kadar dönsün.”³¹

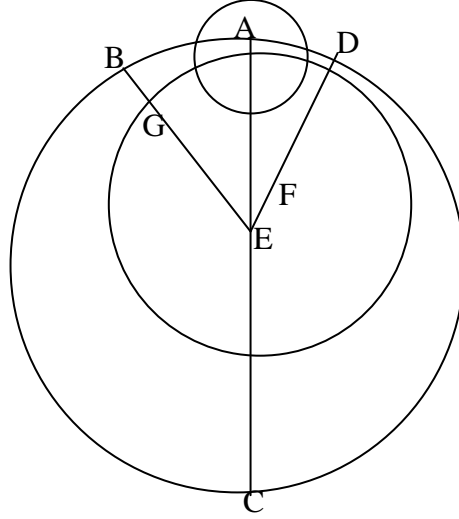
“Böylece, bir günde episiklin merkezi görünüşe göre yaklaşık olarak enlemde batıdan doğuya $13^{\circ} 14'$ lık hareket yapar; boylamda $13^{\circ} 11'$ yol kat ettiği görülür çünkü doğudan batıya, eğimli daireye $3''$ lık ters yönde hareket eder. Sırayla episiklin apojesi aynı ters yönde doğudan batıya doğru $11^{\circ} 9'$ döndürülsün; böylece $24^{\circ} 23'$ lik miktar (Ay'ın çift anomalisi), $13^{\circ} 14'$ fazladır. Böylece, iki hareketin ekliptiğin merkezi etrafında ters yönde gerilemesi, episiklin merkezinin eksantirigin merkezine göre oluşan $13^{\circ} 14'$ artı $11^{\circ} 9'$ 'nın bileşiminin yayı kadar farklılaşır, bu da yaklaşık olarak uzanımın $12^{\circ} 11\frac{1}{2}'$ sının iki katı kadardır. Bu yüzden episikl eksantirik dairenin çapından bir ayda iki kere geçer ve eksantirik dairenin apojesine dönüşü ortalama kavuşumlarda ve dolunaylarda olur.”³²

Ptolemaios, modelinin detaylarını gösterebilmek için, aşağıdaki gibi, Ay'ın eğik düzlemi üzerinde ve ekliptik ile eş merkezli, E merkez ve AEC çaplı bir ABCD dairesi çizmiştir. A noktası eksantrik dairenin apojesi, episiklin merkezi, kuzey limiti, Koç'un başlangıcı ve ortalama Güneş olarak düşünülmüştür.³³

³¹ Ptolemaios, s. 144.

³² Ptolemaios, s. 145.

³³ Ptolemaios, s. 145.



Bir günlük rotada bütün düzlem doğudan batıya, ya da A'dan B'ye, Balık'ta kuzey sınırı A $29^{\circ} 52'$ olana kadar, merkez E'ye yaklaşık olarak $3'$ olana kadar hareket ettiği söylenmiştir. E civarında EA düz çizgisi tarafından etkilenen iki tane birbirlerine ters düzenli hareket durumunda ise, ekliptiğin merkezi, aynı şekilde bir günlük rotada, düz çizgiye benzeyip eksantrik daireden geçen ve ED'ye, batıya doğru açısal bir hızla dönen EA, eksantrik dairenin apojesini D'ye taşır, F merkezli DG eksantrik dairesini çizer ve AD yayını $11^{\circ} 9'$ yapar; ama E'nin etrafında dönen episiklın merkezinden geçen düz çizgi, bu sefer doğuya doğru, EB açısal hızıyla episiklın merkezini taşır ve $13^{\circ} 14''$ lık bir AB yayı yapar, denmiştir. Böylece G, episiklın merkezinin, görünüşe göre enlemsel hareket de kuzey sınırı A'dan $13^{\circ} 14'$ uzaklıkta olduğu ama boylamda Koç'ta $13^{\circ} 11'$ da olduğu belirtilmiştir, çünkü sınır A Balık'ın $29^{\circ} 57'$ sındadır ve $24^{\circ} 23'$ eksantrik dairenin apojesi D'den olan AD ve AB yaylarının toplamı da uzanımın günlük hareketinin iki katıdır. Ona göre bu şekilde, B ve D'den geçen, iki hareket birlikte ortalama bir aylık zamanın yarısında birbirlerine göre tam bir dönüşü tamamladıklarından, ortalama harekete göre birinci ve üçüncü çeyreklerde, her zaman birbirlerinin tam karşısında oldukları açıktır. EB üzerindeki

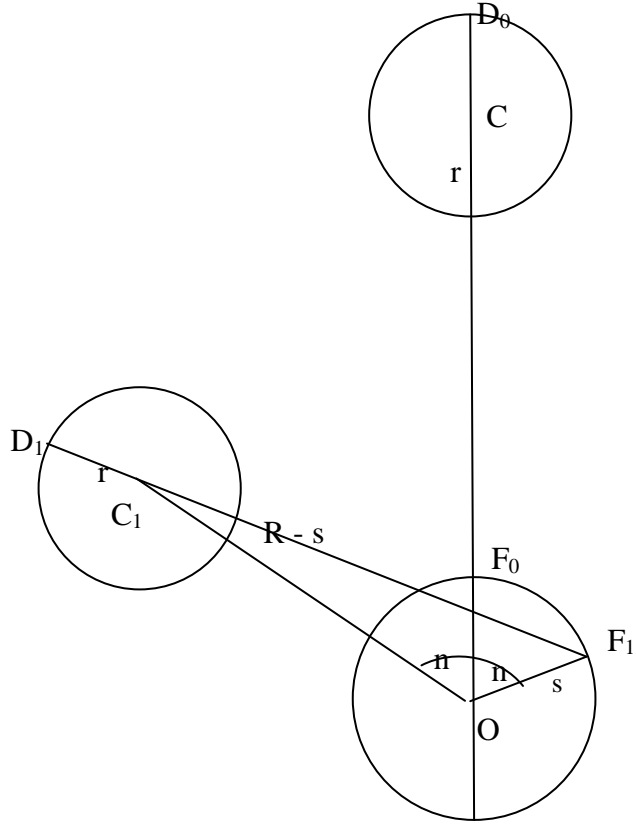
“Episiklin eksantrik dairenin perijesine taşındığında ne kadar büyük anomalistik bir fark olduğunu görmek için, Ay’ın izlediği yol ortalama değere yaklaştıkça Güneş ile görülen Ay’ın uzanımını gözlemledik; episikl eksantrik dairenin perijesine yaklaştığında, Ay’ın Güneş’ten uzanımı neredeyse bir çeyrek daireydi ve bunun için, bu şartlar verildiğinde, Ay boylamda bir ıraklık açısı (paralaks) sergilemedi. Bu durumlar verildiği zaman ve tek doğru olduğu sürece, boylamsal mesafe görünürde açıktır, ikinci anomalistik fark kesinlikle alınabilir. Bu gözlemlerin incelemesini yaptığımızda, episikl perijede olduğunda, ortalama harekete göre en büyük anomalistik fark neredeyse $7 \frac{2}{3}^{\circ}$ ve ilk anomaliye göre $2 \frac{2}{3}^{\circ}$ olur.”³⁷

Özetle denilebilir ki, Ay’ın hareketlerini açıklamak için Hiparkos tarafında da kullanılan episikl model kullanılmıştı. Buna göre Ay, eksantrik daire üzerinde yer alan episikl üzerinde yer alır. Episikl modelinde, boylamdaki ortalama Ay (λ^1 , Episiklin merkezinin dışmerkezli küre üzerindeki hareketi), anomalideki ortalama Ay’ın hareketinden (γ^1 , Ay’ın episikl üzerindeki hareketi) büyüktür ($\lambda^1 > \gamma^1$); Ptolemaios, ilkinin günde $13;10,35^0$ ikincisini günde $13' 3'' 54^{\circ}$ olarak vermektedir. Ancak Ay’ın ikinci bir eşitsizliği daha vardır. Ptolemaios, Ay modelinin kavuşum ve karşılaşma (syzygies) konumlarında gözlemlerle uyduğunu, ancak çeyreklerde (özellikle ± 90 derecedeki anomali değerinde) boylamların açıklanamadığını fark etti. Çeyreklerde episiklin çapı, kavuşum ve karşılaşma konumlarındaki değerden daha büyük olmalıydı. Gözlemler Ay’ın episiklinin görünen yarıçapının Güneş’e bağlı olduğunu göstermekteydi. Bu gibi bir etki ise gözlemciye yaklaşan episikl ile elde edilebilirdi ve Ptolemaios bu amaçla, Ay’ın eksantrik dairesinin merkezinin, merkezi ekliptiğin merkezi olan küçük bir daire üzerinde hareketli olduğunu varsaydı. Böylece çeyreklerde episiklin çapı, gözlemlerin gerektirdiği şekilde

³⁷ Ptolemaios, s. 146.

büyümekteydi. Şekil A'da; C_0 ortalama Güneş'le kavuşumda olan Ay episiklinin merkezinin konumu (yani OF_0C_0 düz bir hat üzerindedir); $OC_0 = R$ taşıyıcının (deferent) yarıçapı; η Güneş'in ortalama hızı ve Ay'ın ortalama hızı arasındaki farka eşit bir oranda, zamanla orantılı olarak artan uzanım açısıdır. η açısının değeri kavuşumda 0° 'dir. η arttığında F_0 noktası O merkezi etrafında s yarıçaplı küçük daire üzerinde geri hareket yapar. Aynı anda, episiklin merkezi olan C_0 noktası, η açısı oluşturacak şekilde ileriye doğru hareket eder. η , 0° 'den 90° 'ye yükseldiğinde, C_1 , O'ya yaklaşır. Dördünlerde ($\eta=90^\circ$) C_1 'in O'ya uzaklığı minimum değerdedir (yani $R-2s$). Karşılaşma konumunda ($\eta=180^\circ$) C_1 , O'dan R mesafesine tekrar gelir. Tutulmalar sadece kavuşum ve karşılaşma konumlarında olabildiğinden bu yeni model tutulmalarda elde edilen bütün elementler için eski gözlemlerle uyur. Bununla birlikte model, dördünlere doğru, gözlemlere uygun olarak episiklin yarıçapını yükseltir. Modelde $r = 5;15$, $s = 10;19$, $R = 60$ 'dir. Bu bize, dördün konumlarında Ay'ın gözlemciye $R - 2s - r = 34;7$ değerinde yakınlaştığını gösterir. Yani, Ay'ın görünen yarıçapı, kendi kendine, kesinlikle olmayacak bir şekilde, ortalama değerinin yaklaşık iki katına ulaşır. Demek oluyor ki, Ay'ın episiklin üzerindeki "ortalama hareketi" sabit bir noktaya göre değil, fakat Ay-Güneş uzanımına göre değişen bir noktaya göre ölçülmelidir. Ortalama anomali için NCH referans hattının bu değişken yönü, episiklin eğimi olarak adlandırılır. H ortalama apojesi ile T gerçek apojesi arasındaki fark, 2η çift uzanımı yaklaşık 90° olduğunda maksimum değere ulaşır. $2\eta=0^\circ$ ya da $2\eta=180^\circ$ olduğunda bu iki apoje üst üstedir. Bu yüzden karşılaşma ve kavuşma konumlarında ve çeyreklerde eğimin etkisi azalır.³⁸

³⁸ Claudius Ptolemaios, *Almagest*, Çev.: Yavuz Unat, Tuba Uymaz, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul 2015?, s. 236.



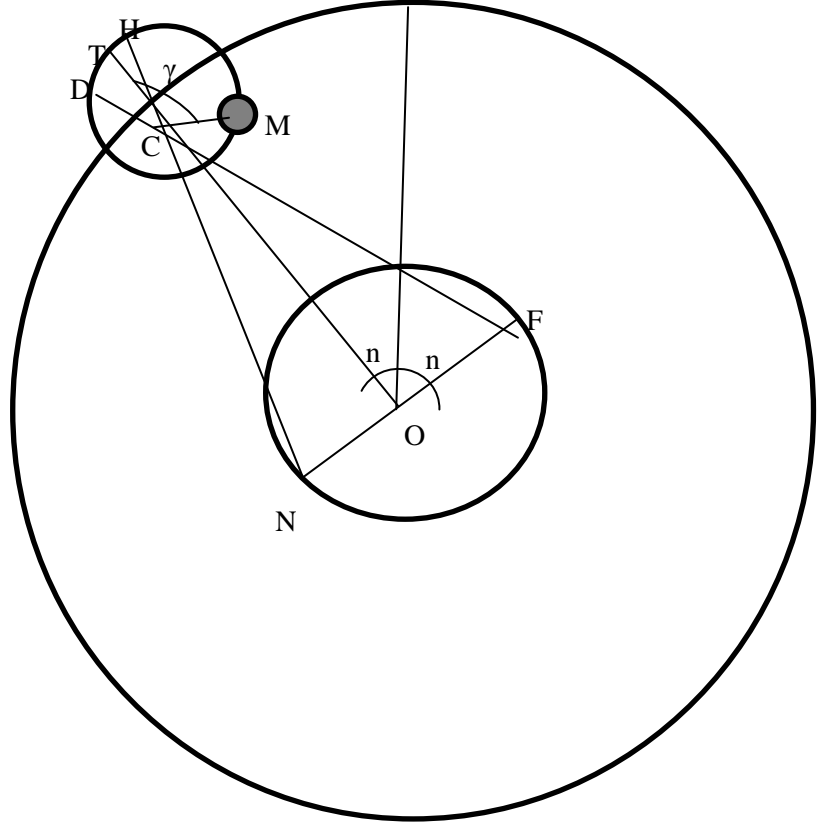
C- episiklın merkezi

O – ekliptiğin merkezi

F – eksantrik dairenin merkezi

Ay'ın Episiklının Hareketi

Şekil A



Ay'ın Boylamsal Hareketi

Şekil B

Ptolemaios'a göre, A apojesindeki episiklın konumuna göre anomalinin büyüklüğü iki uygun şekilde farklılık gösterebilir.

1. Apojeye göre konumu nedeniyle E noktasında daha büyük bir açı keserek,
2. Çapın E merkez noktasına değil ama F noktasına doğru apoje ve perijenin ortasından geçerek.⁴¹

İlk sebepten dolayı oluşan fark, Ay'ın anomali farkının en büyük olduğu zamandır ve ikinci sebep nedeniyle oluşan fark, Ay episiklın apojesinde ya da perijesinde olduğunda gerçekleşir. Bu yüzden, birinci sebep nedeniyle oluşan fark en büyük olduğunda, ikinci sebep nedeniyle oluşana göre tamamen önemsiz olur. Çünkü Ay episiklın teğetlerinin üstünde olduğunda toplama-çıkarma arasında çok az fark yapar ve gerçek karşılaşma ve kavuşum konumu Ay ve Güneş'in birleşmesiyle oluşan ortalamadan (toplama ya da çıkarma işleminin ikisinden birisi) farkı olacağı muhtemeldir. Ama eğimde fark en büyük olduğunda, o zaman ilk sebep nedeniyle oluşan fark göz ardı edilebilir. Çünkü Ay episiklın apojesinde ya da perijesinde olduğunda anomali ya yoktur ya da çok azdır. Ve gerçek karşılaşma ve kavuşum konumu ortalama karşılaşma ve kavuşum konumundan tek başına Güneş'in anomalisi kadar mesafe farkı gösterir.⁴²

Sonra Ptolemaios, Güneş'in en büyük $2^{\circ} 23'$ toplamını ve Ay en büyük $5^{\circ} 1'$ çıkarmasını etkilediğini böylece AEB açısının $14^{\circ} 48''$ 'i kapsadığını varsaymıştır.

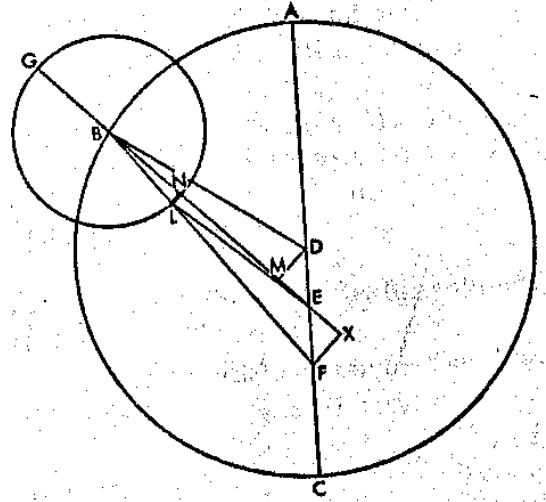
⁴¹ Ptolemaios, s. 162.

⁴² Ptolemaios, s. 162.

Buna göre teğet EH, E'den episikla doğru çizildiğinde ve dik BH ile birleştirilip, DM D'den BE'ye dik olarak çizildiğinde, Aç \angle AEB=14° 28' = 29° 36' bölü 2'dir.⁴³

Bu nedenle, DEM dik üçgeninin olduğu dairede, yay DM=29° 36' olur. Yarım dairenin geriye kalanı olarak, yay EM=150° 24', hipotenüs DE=120^P olduğundan, kiriş DM=30^P 39', kiriş EM=116^P 1', merkezler arası çizgi DE=10^P19' olur. Eksantrik çap BD=49^P 41' olduğundan, DM = 2^P 38', EM = 9^P 59' olur. Episiklın çapı BH = 10^P 34' olduğundan, BD² - DM² = BM² elde edilir. Bu yüzden uzunluk verildiğinden, BM = 49^P 37', ve toplama işlemi ile, BME = 59^P 36' olur. Dolayısıyla, hipotenüs BE=120^P olduğundan, BH = 10^P 34' bulunur. BEH dik üçgeninin olduğu dairenin üstündeki yay BH = 10° 6' olur. Bu yüzden, en büyük anomali farkı olarak episikl A apojesinde olduğunda oluşan 5° 1' yerine, açı BEH=10° 6' bölü 2 = 5° 3' bulunur.⁴⁴

Sonuç olarak bu sebepten dolayı anomali farkı 2' uzaklaşır. Bu miktar, bir saatin 1/16'sından daha az bir hatadır. L ortalama periye olsun, böylece AEB açısı tek başına Güneş'in anomalisini kapsasın, yani 4° 46' olsun. Bir önceki şekle benzer şekilde EL birleştirilsin, dik olan LN, DM ve FX, BE'ye L, D, ve F'den çizilsin.⁴⁵



⁴³ Ptolemaios, s. 163.

⁴⁴ Ptolemaios, s. 163.

⁴⁵ Ptolemaios, s. 163.

Daha önceki gibi, Açı E = $4^{\circ} 46' = 9^{\circ} 32'$ bölü 2'dir. Bu yüzden EDM ve EFX dik üçgenlerinin üstünde olduğu dairede, yay DM = yay FX = $9^{\circ} 32'$ olur. Yarım dairelerin artanı olarak, yay EM = yay EX = $170^{\circ} 28'$ bulunur. Bu yüzden hipotenüs DE = hipotenüs EF = 120^p olduğundan, kiriş DM = kiriş FX = $9^p 58'$, kiriş EM = kiriş EX = $119^p 35'$ bulunur. DE = EF = $10^p 19'$, eksantrik çap DB = $49^p 41'$ olduğundan, DM = FX = $0^p 51'$, EM = EX = $10^p 17'$, $BD^2 - DM^2 = BM^2$, bu yüzden uzunluk verildiğinde, BM = $49^p 41'$ elde edilir. FX = $0^p 51'$ olduğundan, BE = $59^p 58'$, toplama işlemi ile BX = $70^p 15'$ elde edilir. Aynı şekilde hipotenüs BF = $70^p 15'$, BF/FX = BL/LN, BF/BX = BL/BN, episiklin çapı BL = $5^p 15'$ olduğundan, LN = $0^p 4'$, BN = $5^p 15'$, çıkarma işlemi ile, EN = $54^p 43'$ olur. BE = $59^p 58'$ olduğu kanıtlanmıştır. Hipotenüs EL $54^p 53'$ 'dan değer biçilmeyecek kadar küçük fark ettiği için, hipotenüs EL = 120^p olduğundan, LN = $0^p 8'$ olduğu anlamını çıkarabiliriz ve ELN dik üçgeninin olduğu dairede, Yay LN = $0^{\circ} 8'$ olur. Bu yüzden, açı BEL, aynı F'ye göre oluşan eğim değişimi nedeniyle, $0^{\circ} 8'$ bölü 2 dik açı 360° , ya da $0^{\circ} 4'$ elde edilir. Yani Ptolemaios'a göre, Ay'ın anomalistik farkı, $4'$ ile uzaklaşması durumunda ki bu karşılaşma ve kavuşum konumlarında hissedilir bir fark göstermez ve hemen bir saatin 1/8 kadar toplama ulaşır. Gözlemlerin kendilerinde böyle bir hatanın olması sıra dışı bir şey değildir.⁴⁶

⁴⁶ Ptolemaios, s. 163, 164.

1.3. Gezegenler

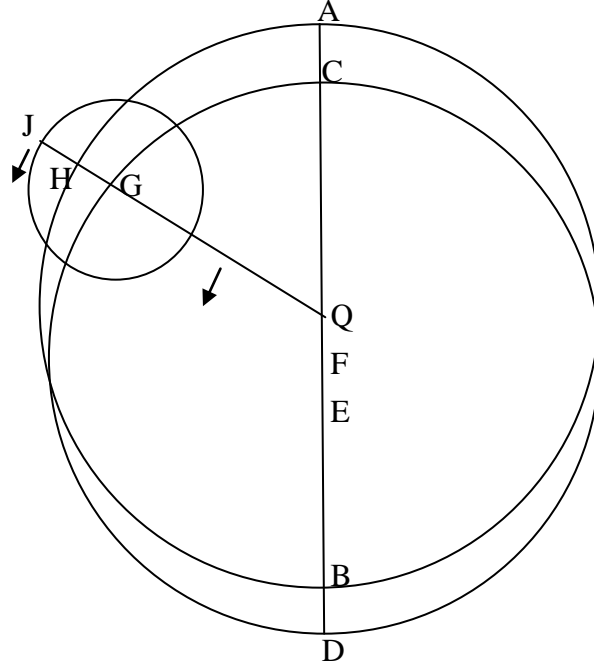
Ptolemaios'un bildirdiğine göre Hiparkos, mümkün olduğunca düzgün dairesel hareketler yoluyla Güneş'in ve Ay'ın hareketlerini açıklamayı başarmıştır. Ancak gezegen modellerinin kendi katkısı olduğunu vurgulayan Ptolemaios'a göre, kendinden önce gelenlerin tatmin edici bir gezegen modeli oluşturamamalarında ilk neden, bir gezegen modeli oluşturmak için yeterli sayıda birikmiş gözlem olmamasıdır. İkinci neden ise, her gezegenin birbirinden ayırt edilmesi zor olan iki anomaliye sahip olmasıdır.

Ptolemaios'a göre iç gezegenler ve dış gezegenler olmak üzere iki çeşit gezegen tipi vardır. İç gezegenler Güneş'ten en büyük uzanımına sahiptirler ve bunlar Merkür ve Satürn'dür. Dış gezegenler ise, Güneş'ten sınırsız uzanımına sahiptirler ve bunlar Mars, Jüpiter ve Venüs'tür. Gezegenler ekliptik boyunca doğuya doğru hareket ederler, sonra dururlar, geriye doğru giderler ve tekrar dururlar ve en sonunda doğuya doğru kalan hareketlerine devam ederler. Ancak episiklin hızı ve gezegenin episiklin etrafındaki hızı, her gezegen için farklıdır.⁴⁷

Ptolemaios'un modelinde, gezegen bir episikl etrafında düzenli hareket eder. Bu episikl, bir deferent daire üzerinde ve ekuant noktası denilen bir noktaya göre düzenli hareket eder. Gözlemci deferent dairenin merkezinden ve ekuant noktasından farklı üçüncü bir noktada bulunur. Eksantrik dairenin düzlemi, ekliptiğin düzlemine ve episiklin düzlemi de episikle eğimlidir. Genel olarak, boylamdaki hareket ile

⁴⁷ Elizabeth Anne Hamm, *Ptolemy's Planetary Theory: An English Translation of Book One, Part A of the Planetary Hypothesis with Introduction and Commentary*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, University of Toronto 2011, s. 118.

episiklın merkezinin eksantrik daire üzerindeki hareketi, anomali ile gezegenin episikl üzerindeki hareketi anlaşılır.⁴⁸



Gezegen Hipotezleri Modeli 1

Yukarıdaki şekildeki gezegen modeli, Ptolemaios'un Merkür dışındaki gezegenler için kullandığı modeldir. Hem Merkür hem de Venüs'ün boylamda sahip olduğu ortalama hareket, Güneş'in ortalama hareketine eşittir. Diğer bir deyişle yukarıdaki şekle göre, her episikl CDG dairesi etrafında, Güneş'in ortalama hızına eşit bir ortalama hızla dolanır. Ptolemaios'un Merkür için kullandığı modelin biraz daha farklı olmasının sebebi, Merkür'ün iki perijeye sahip olmasıdır. Venüs modeli, dış gezegenler modeli ile hemen hemen aynıdır. Dış gezegenler modelinde, episiklın merkezi ile gezegen arasındaki çizgi, Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgiye

⁴⁸ Hamm, University of Toronto 2011, s. 118.

paraleldir. Venüs modelinde ise, equant ile episisiklin merkezi arasındaki çizgi, Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgiye paraleldir.⁴⁹

Ptolemaios, bir tropikten veya ekinokssal noktadan aynı noktaya göre ölçüm yaparak, gezegenlerin anomali döngülerini Güneş'in dönüş sayısı ile karşılaştırmalı olarak verir. Daha sonra anomali derecelerinin sayılarını günlerin sayısına bölerek, her bir gezegenin anomalisinin günlük ortalama miktarını yaklaşık olarak belirler. Buradan yola çıkarak her bir gezegenin anomalisinin saatlik ortalama hareket miktarını ve aylık ortalama hareket miktarını hesaplar. Ve son olarak da her bir gezegenin günlük ortalama hareketleri Mısır yılının 365 günü ile çarparak, anomalilerinin yıllık ortalama hareketini bulur. Bu sayılardan, boylamdaki ortalama hareketleri elde eder.⁵⁰

Ptolemaios gezegenlerin hareketlerini açıklayabilmek için eksantrik ve episikl modelleri kullanmıştır. Her gezegen için görünen anomaliler iki tanedir. Buna göre, birincisi, burçlar kuşağının parçaları ile ilgili olarak ve ikincisi, Güneş'e göre konumu ile ilgili olarak gözlemlenir. Ptolemaios'un *Almagest*'te belirttiğine göre, ikinci anomali durumunda, Güneş'le ilişki içinde ve burçlar kuşağının aynı parçalarında gözlemlenen farklı konumlardan, yani, beş gezegen için, en büyük hareketten ortalama harekete kadar olan zamanın her zaman için ortalama en küçük harekete kadar olandan daha uzun olduğunu görülür. Ptolemaios'a göre, böyle bir özellik eksantrik model ile anlaşılabilir, çünkü en büyük geçiş her zaman için perijede gerçekleşir ve her iki modelde de perijeden ortalama geçiş noktasına kadar olan yay, bu noktadan apojeeye kadar olan yaydan daha küçüktür. Ama en büyük

⁴⁹ Hamm, University of Toronto 2011, s. 119.

⁵⁰ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 274, 275.

geçiş Ay'ın durumunda olduğu gibi perijede değil de apojede gerçekleştiğinde episikl modelde ortaya çıkabilir. Bu yüzden bu anomalinin episikllar tarafından oluşturulduğunu varsaymıştır.⁵¹

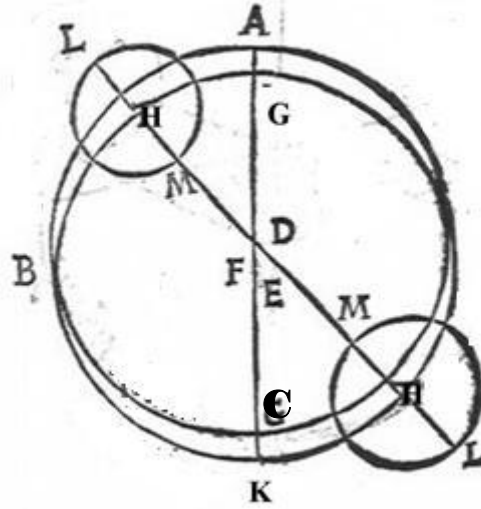
Anomalinin burçlar kuşağının parçaları ile ilgili olarak gözlemlendiği durumda, aynı aşamalarda veya konumlarda alınan burçlar kuşağı yayları aracılığıyla, ilk anomalidekinin tam tersine, en küçük hareketten ortalama harekete kadar olan zaman, her zaman için ortalama hareketten en büyük harekete kadar olan zamandan daha büyük olduğu ve bu anomalinin modellerin her ikisinden de anlaşılabilceğini ama eksantrik modele daha uygun olduğu söylemiştir. Ayrıca diğer anomali episikl modele özgü olduğu için, bu anomalinin eksantrik modele göre gösterilmesinin daha uygun olacağı da belirtilmiştir.⁵²

“Ama gözlemlenen belirli konumları, her iki hipotezin birleşiminden oluşturulan yöntemleri hemen uygulayarak ve bunları sürekli olarak birlikte inceleyerek, konunun öyle kolaylıkla ilerleyemeyeceğini buluruz. (1) Eksantrik dairelerin içinde tanımladığımız düzlemler hareketsiz değildir, böylece merkezlerinin her ikisinden ve ekliptiğin merkezinden geçen, üzerinde apojelerin ve perijelerin görüldüğü düz çizgi, her zaman için tropik ve ekinokssal noktalardan aynı açısız mesafede kalır. (2) Episiklların merkezleri, merkezleri onlara göre episiklların merkezlerinin düzenli doğruya doğru bir hareketle döndükleri eksantrik daireler üzerinde taşınmazlar ve eşit zamanlarda eşit açılar ayırmazlar. Ama (1) eksantriklerin apojeleri, ekliptiğin merkezi etrafında tropik noktalarından doğruya doğru hafif ve neredeyse her gezegen için sabit yıldızın küresinin yaptığı kadar - yani, mevcut verilerden tespit edilebildiği kadarıyla yüz yılda bir derece kadar - düzenli bir kayma yaparlar. (2) Episiklların merkezleri, anomaliyi gerçekleştiren ama diğer merkezler etrafında tarif edilen eksantriklere eşit

⁵¹ Ptolemaios, s. 291.

⁵² Ptolemaios, s. 291.

daireler üzerinde taşınır. Bu diğer merkezler (ekunat), Merkür dışındaki tüm durumlarda, anomaliyi gerçekleştiren eksantriklerin merkezleri ile ekliptiğin merkezi arasındaki düz çizgileri iki eşit parçaya böler. Ancak sadece Merkür durumunda diğer merkez onu döndüren merkezden (ekuantın merkezinden) aynı uzaklıktadır, çünkü onu döndüren bu merkez aslında anomaliyi apoje tarafında gerçekleştiren merkezdir ve anomaliyi gerçekleştiren bu son merkez, aslında gözün olduğu yere yerleştirilen merkezdir. Çünkü tek başına bu gezegen durumunda, Ay'da olduğu gibi, eksantrik dairenin yukarıda belirtilen merkez etrafında döndüğünü, episiklın tersi yönde, bir yıllık bir zamanda geriye batıya doğru bir dönüş yaptığını, çünkü aynen Ay'ın bir aylık zamanda olduğu gibi, bir dönüşte iki kere perijede görüldüğünü buluruz.”⁵³



Merkür dışındaki gezegenlere ait olarak yukarıdaki şekilde, D merkezi etrafında ABC eksantrik dairesi ve D'den ve ekliptiğin merkezinden geçen ADC çapı tasarlanmış olsun. Bu çap üzerinde E ekliptiğin merkezi, A noktası apoje ve C noktası perije olarak belirlenmiş olsun. DE, F ile ikiye bölünmüş ve F merkez ve DA

⁵³ Ptolemaios, s. 291, 292.

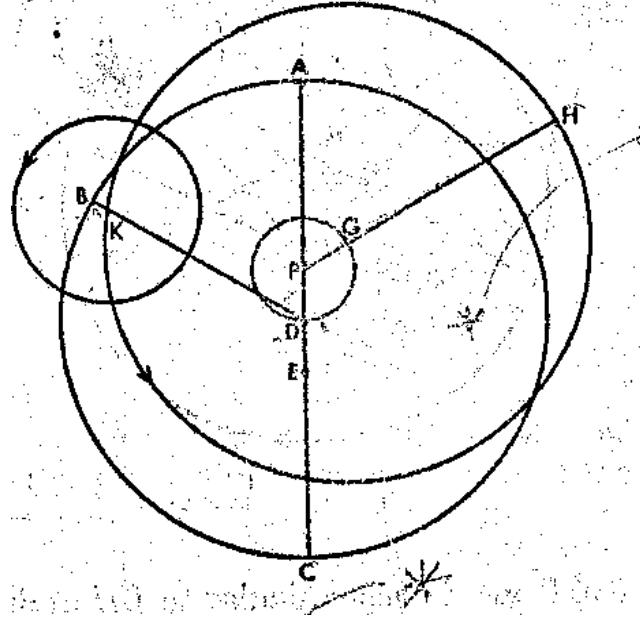
yarıçap olarak, ABC dairesinin yoluna eşit GHK dairesi çizilmiş olsun. H merkez olacak şekilde LM episiklî çizilmiş ve LHMD düz çizgisi birleştirilmiş olsun.⁵⁴

Boylamda gezegenlerin her biri için bu eğimlerden kaynaklanan kayda değer bir fark olmayacağından dolayı, bunların hepsinin ekliptiğin tek düzleminde tasarlandığı varsayılınsın. Tüm düzlem burçlar yönünde doğuya doğru, apojeleri ve perijeleri yüz yılda bir derece hareket ettirerek, E merkezi etrafında dönsün. Dolayısıyla episiklînin çapı olan LHMD merkezi etrafında burçlar doğrultusunda doğuya doğru gezegenin boylamsal dönüş hızında düzenli olarak dönsün. Aynı zamanda episiklînin L ve M noktalarını, her zaman için eksantrik GHK üzerinde olan merkezi H'yi ve gezegenin kendisini döndürsün. Dolayısıyla gezegen episiklî LM üzerinde, her zaman D merkezini işaret eden çapa göre düzenli olarak hareket eder ve dönüşlerini, apoje L'de burçlar sırasıyla doğuya doğru hareket ederek, anomalinin Güneş'e göre ortalama döngüsü hızında yapar.⁵⁵

⁵⁴ Ptolemaios, s. 292.

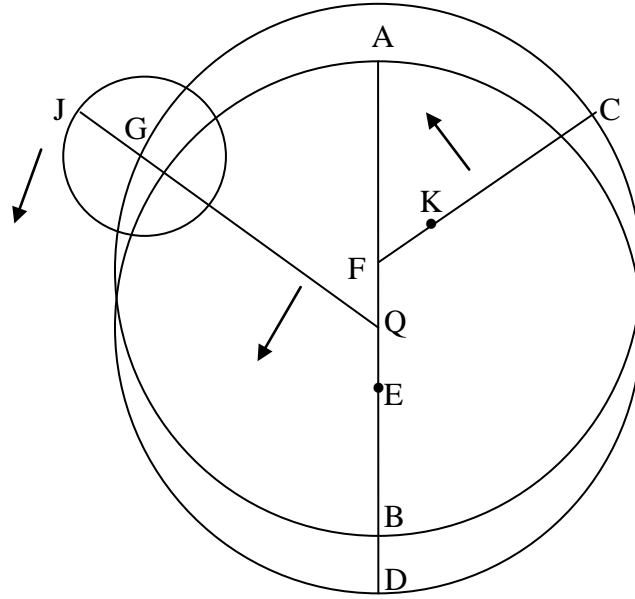
⁵⁵ Ptolemaios, s. 292, 293.

1.3.1. Merkür (İç Gezegen)



Merkür'e ait model için öncelikle D merkezi etrafında anomalinin eksantrik dairesi ABC olsun. ADEC çapı, D'den, ekliptiğin merkezi E'den ve apoje A'dan geçsin. DF, AC üzerinde apoje A yönünde ve DE'ye eşit alınmış olsun. Apojeyi merkez olarak E etrafında diğer gezegenler için olanla aynı miktarda doğuya doğru kaydıran tüm düzlem ve episikl, merkez olarak D etrafında DB düz çizgisi ile doğuya doğru düzenli olarak döndürülürken ve yine gezegen episikl üzerinde diğerleri ile aynı şekilde hareket etsin. Burada diğer eksantriğin, ilkinе eşit olan ve episiklin merkezinin her zaman üzerinde olacağı merkezi, FGH düz çizgisi ile F noktası etrafında episikla ters yönde, yani batıya doğru burçların tersi yönünde, düzenli olarak ve episiklla aynı hızda döndürülecektir. Böylece DB ve FGH düz çizgilerinin her biri, bir yıllık zamanda, bir kez ekliptiğin noktalarına göre ve iki kez birbirlerine göre eski yerine gelecektir. Diğer eksantriğin bu merkezi her zaman için F noktasından ED veya DF düz çizgilerinden her birine eşit bir uzaklıkta olacak, böylece batıya hareketi ile tarif edilen, merkezi F ve yarıçapı FG olan küçük daire,

her zaman için sabit kalan ilk eksantriğin merkezi ile sınırlanmış ve hareket eden eksantrik her durumda G merkezi ve örneğin burada HK'ya olduğu gibi, DA'ya eşit olan GH yarıçapı ile tarif edilecek, episiklin merkezi, burada K noktasında olduğu gibi, her zaman onun üzerinde olacaktır.⁵⁶



Merkür Modeli

Yukarıdaki şekilde Merkür J noktasındadır ve G merkezli episiklin üzerinde gökkürelerinin hareketinin tersi yönünde düzgün bir şekilde dolandır. Episikl ise equant noktası olan Q'ya göre ama onun tersi yönünde düzgün bir şekilde hareket eder. Ancak episikli taşıyan daire K merkezli CBG dairesidir. K noktası ise, F noktası etrafında sabit yıldızlara göre dolandır. QG çizgisi ve FKC çizgisi aynı açısal hızlara sahiptir ancak birbirlerinin aksi yönündedirler. Ve QE, QF'ye, QF de FK'ya eşittir.

⁵⁶ Ptolemaios, s. 293.

Ptolemaios, Merkür'ün apojesinin ekliptik üzerindeki konumunu bulmak için, gezegenin sabah konumlarının, Güneş'in ortalama konumundan olan açısal mesafede akşam konumlarına eşit olduğu en büyük uzanımlara ait gözlemleri incelemiş ve bunlar bulunduğunda, iki konum arasındaki orta nokta eksantrik dairenin apojesini içerdiğini tespit etmiştir. Merkür'ün apoje ve iki perijesinin birbirlerinden 120° ile ayrıldıklarını ve Merkür'ün apojesinin yaklaşık olarak 400 yılda 4° kadar ilerlediğini Merkür'e ait 16 gözlemle bulmuştur.⁵⁷

“Hadrian'ın 16. yılında, Mısırlı Bilge Phamenoth'un 16-17'si akşamı, Güneş'in ortalama konumundan en büyük uzanımında, usturlap yardımıyla, Merkür'ü gözlemledik. Sonra, Boğa'nın en parlak yıldızı [Aldebaran] ile aydınlandığında, Balık'ın 1° 'sinde görüldü. Ama o zaman Güneş'in ortalama konumu, Kova'nın $(9 + 1/2 + 1/4)^\circ$ 'sindeydi. Bu nedenle, ortalama konumdan en büyük akşam uzanımı $21 \frac{1}{4}^\circ$ idi.”⁵⁸

“Yine, Antonin'nin 1. yılı, Mısırlı Bilge Epiphi'nin 20-21'sinde akşam, usturlap ile Güneş'in ortalama konumundan en büyük uzanımında Merkür'ü gözlemledik. O zaman Aslan'ın bir yıldızı olan Aslanyüreği (Regulus) ile ve Yengeç'in 7° 'sinde görüldü. Ancak o zaman ortalama Güneş İkizler'in 10° 'sindeydi. Bu nedenle, ortalama konumdan en büyük akşam uzanımı $26 \frac{1}{2}^\circ$ idi.”⁵⁹

Gözlemlerden, apojenin Koç'un veya Terazi'nin neredeyse 10° içinde kaldığını ve en büyük uzanımlara ait eski gözlemlerden, aynen hesaplanabileceği gibi, aynı burçların yaklaşık 6° içinde kaldığını bulmuştur.⁶⁰

⁵⁷ Ptolemaios, s. 296.

⁵⁸ Ptolemaios, s. 296.

⁵⁹ Ptolemaios, s. 297.

⁶⁰ Ptolemaios, s. 297.

“Dionysius’un 23. yılında, Hydron’un 29’u sabahında, Merkür, Oğlak’ın kuyruğundaki en parlak yıldızın üç ay kuzeyindeydi. Ama bu sabit yıldız o zaman, bizim başlangıç noktalarımıza (yani, tropik ve ekinokssal noktalara) göre, açıkça Merkür ile aynı şekilde, Oğlak’ın $22 \frac{1}{3}^{\circ}$ ’sindeydi. (Bu zamanda) ortalama Güneş’in Kova’nın $18 \frac{1}{6}^{\circ}$ ’sinde olduğu açıktır, çünkü o zaman, Nabonassar’ın 486. yılı, Mısırlı Bilge Choiak’ın 17-18’i şafak vaktiydi. Dolayısıyla, ortalama konumdan en büyük sabah uzanımı $(25 \frac{1}{2} \frac{1}{3})^{\circ}$ idi.”⁶¹

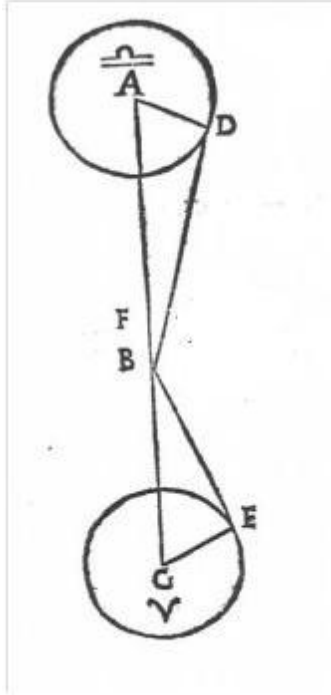
“Çünkü Dionysius’un aynı 23. yılında, Tauron’un 4’ünde akşam vakti, Merkür, Boğa’nın boynuzlarından geçen düz çizginin üç ay ötesinde idi ve ortak yıldızın üç aydan daha fazla güneyinden geçiyor görünmüştü. Dolayısıyla yine, bizim başlangıç noktalarımıza göre, Boğa’nın $23 \frac{2}{3}^{\circ}$ ’sindeydi. Bu da yine, ortalama Güneş’in Koç’un $29 \frac{1}{2}^{\circ}$ ’sinde olduğu, Nabonassar’ın 486. yılı, Mısırlı Bilge Phamenoth’un 30’sı – Pharmouthi’nin 1’inin akşam vaktiydi. Bu nedenle, ortalama konumdan en büyük akşam uzanımı $24 \frac{1}{6}^{\circ}$ idi.”⁶²

Ptolemaios tüm bunlardan yola çıkarak, beş gezegenin perijelerinden ve apojelere geçen çapların ekliptiğin merkezinden doğuya doğru burçlar doğrultusunda bir kayma yapmasını ve bu kaymanın sabit yıldızlar küresi ile aynı hızda olmasını tutarlı bulduğunu söylemiştir. Çünkü yüz yıl içinde neredeyse 1° kaymaktadır ve dolayısıyla eski gözlemlerden gelen, Merkür’ün apojesinin yaklaşık 6° olan, gözlemlere göre yaklaşık 10° çıkan zamanın, yaklaşık 400 yılı kapsadığını tespit etmiştir. Yeni yaptığı gözlemlerden yola çıkarak, episiklin İkizler’de ve Kova’da iken Dünya’ya, Koç’ta olduğundan daha yakın olduğunu belirtmiştir.⁶³

⁶¹ Ptolemaios, s. 297.

⁶² Ptolemaios, s. 297.

⁶³ Ptolemaios, s. 298.



Şekle göre, F noktası eksantrik dairenin merkezi ya da eksantrik dairenin merkezinin etrafında döndüğü merkezdir. Çünkü sadece bu şekilde, episiklin merkezi, F'den tamamen karşılıklı konumların her birine eşit uzaklıkta olabilir.⁶⁴

Ptolemaios bunları belirttikten sonra, episiklin düzenli harekette doğuya doğru burçlar sırasıyla yıllık dönüşünün AB düz çizgisinin hangi noktası etrafında gerçekleştiğini ve dönüşünü eşit bir hızda batıya doğru

yapan eksantrik dairenin merkezinin F'den ne kadar uzakta olduğunu göstermek için, hem sabah hem akşam, her iki durumda da ortalama konumun aynı tarafta apojeden bir çeyrek dairelik bir mesafede olduğu en büyük uzanımlara ait iki gözlemi kullanmıştır. Çünkü belirttiğine göre, bu konumda burçlarla ilgili anomalinin neredeyse en büyük farkı oluşmuştur.⁶⁵

“Hadrian’ın 16. yılında, Mısırlı Bilge Phamenoth’un 16-17’si akşam vakti, Theon tarafından yapılan gözlemlerde bulduğumuza göre "*Merkür, Aslan kalbindeki yıldızın [Regulus, Aslanyüreği] $(3+1/2+1/3)^{\circ}$ doğusunda Güneş’ten en büyük uzanımındaydı*". Dolayısıyla, bizim başlangıç noktalarımıza göre, Aslan’ın neredeyse $6\ 1/3^{\circ}$ ’sinde, aynı zamanda ortalama Güneş Yengeç’in yaklaşık $10\ 1/2^{\circ}$ ’sindeydi. Bu nedenle en büyük uzanım $26\ 1/4^{\circ}$ idi.”⁶⁶

⁶⁴ Ptolemaios, s. 300.

⁶⁵ Ptolemaios, s. 300, 301.

⁶⁶ Ptolemaios, s. 301.

“Antonin’in 2. yılında, Mısırlı Bilge Mesore’un 24’si şafak vakti, usturlap ile en büyük uzanımını gözlemleyerek ve onu Boğa’nın en parlak yıldızı [Aldebaran] ile görerek, ortalama Güneş yine Yengeç’in $10\ 1/3^{\circ}$ ’sindeyken, Merkür’ün İkizler’in $20\ 1/12^{\circ}$ ’sinde olduğunu bulduk. Bu nedenle en büyük sabah uzanımı $20\ 1/4^{\circ}$ idi.”⁶⁷

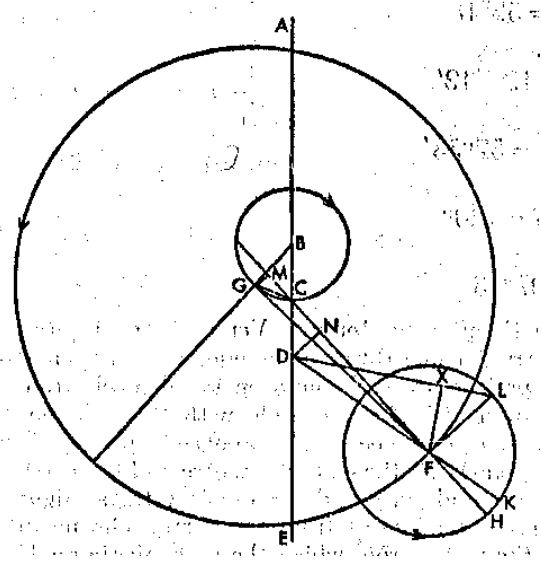
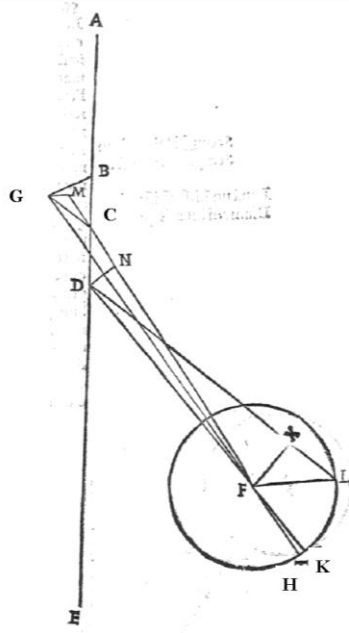
Ptolemaios, Merkür’ün periyodik hareketlerini ve dönemlerinin belirlenmesi için boylamsal hareketlerin, yani episiklî C etrafında düzenli olarak taşıyan hareketlerin gerekli olduğunu ve bunların da Güneş’in hareketlerinden dolayı mevcut olduğunu ifade etmiştir. Anomaliye ait hareketleri ise, diğer bir deyişle, gezegeni episiklî üzerinde, episiklîn merkezi etrafında taşıyan hareketlerin iki gözlemle gösterildiğini, bu gözlemlerden birinin kendisi tarafından kaydedildiğini, diğerinin eskilerden kaldığını söylemiştir.⁶⁸

“Nabonassar’ın 886. yılında, Mısırlı Bilge Epiphi’nin 2-3’si, Antonine’nin 2. yılında, Merkür’ü, henüz en büyük akşam uzanımına gelmediği zamanda usturlap ile gözlemledik ve Aslan’ın kalbindeki yıldız [Regulus, Aslanyüreği] ile birlikte görüldüğü için, İkizler’in $17\ 1/2^{\circ}$ ’sinde ortaya çıktı. O zamanda Ay’ın merkezini doğuya doğru $1\ 1/6^{\circ}$ geçmişti ve İskenderiye’de zaman, üçüncünün gece yarısından $4\ 1/2^{\circ}$ ekvator saati önceydi, çünkü usturlap üzerinde Başak’ın içindeki 12° noktası doruğa çıkmaktaydı ve Güneş Boğa’nın yaklaşık 23° ’sindeydi. Ama bizim tarafımızdan gösterilen hipotezlere göre o saatte Güneş’in ortalama konumu, Boğa’nın $22^{\circ}\ 34'$ ’sındaydı. Ay’ın ortalama konumu İkizler’in $12^{\circ}\ 14'$ ’sındaydı ve Ay anomalinin içinde episiklîn apojesinden $281^{\circ}\ 20'$ uzakta idi, böylece Ay’ın merkezinin gerçek konumu İkizler’de $17^{\circ}10'$ ’ya ve Ay’ın görünen konumu İkizler’in $16^{\circ}\ 20'$ ’sına denk geldi. Bu nedenle, Merkür, Ay’ın merkezinin $1\ 1/6^{\circ}$ ötesinde olduğu için, İkizler’in $17\ 1/2^{\circ}$ ’sindeydi.”⁶⁹

⁶⁷ Ptolemaios, s. 301.

⁶⁸ Ptolemaios, s. 305.

⁶⁹ Ptolemaios, s. 305.



Bu kabul ile yukarıdaki şekle göre ABCDE apoje ve perijeden geçen çap olsun. A, onun apojedeki noktası ve B, etrafında eksantrik dairenin merkezinin batıya doğru hareket ettiği nokta olsun. C, etrafında episiklin merkezinin doğuya doğru hareket ettiği nokta, ve D ise ekliptiğin merkezi olsun. Episiklin merkezi F, ACF açısından C noktası etrafında CF düz çizgisi ile hareket ettirilmiş, eksantrik dairenin merkezi G, B etrafında BG düz çizgisi ile ABG açısı ölçüsünde hareket ettirilmiş ve hareketlerin eşit hızları dolayısıyla ACF açısına eşit ölçüde hareket ettirilmiş olsun. F etrafında tanımlanan HKL episikli ile, yıldızın L'de olduğunu varsayalım. CG, GF, DF, FL, ve DL birleştirilmiş ve GM ve DN, G ve D'den oluşturulan CFH'ye dik olarak ve FX, F'den DL'ye dik olarak çizilmiş olsun.⁷⁰

Episiklin apoje H'den L'deki yıldız kadar olan yayını bulmak gereklidir. O zaman, ortalama Güneş Boğa'nın $22^{\circ} 34''$ ında ve gezegenin perijesi Koç'un

⁷⁰ Ptolemaios, s. 306.

neredeşye 10°'sinde bulunduğundan, ortalama boylamsal konumu perijeden 42° 34' mesafede olur. Bu nedenle, CBG açısı = 42° 34' = 85° 8' bölü 2, her zaman için BC = BG olduğundan, BGC açısı = BCG açısı = 137° 26' bölü 2'dir. BCG üçgeni etrafındaki daire üzerinde, GC yayı = 85° 8', BC yayı = 137° 26' olur. Böylece, kiriş GC = 81^P 10', kiriş BC = 111^P 49' elde edilir. GC = 2^P 11', BC = 3^P'dir. Yine, BCG açısı = 137° 26' bölü 2, BCM açısı = 85° 8' bölü 2 olduğundan, çıkarma yoluyla, GCM açısı = 52° 18' bölü 2 elde edilir. CGM dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, GM yayı = 52° 18', yarım daireden çıkarma yoluyla, CM yayı = 127° 42' bulunur. Böylece, kiriş GM = 52^P 53', hipotenüs CG = 120^P, CM = 107^P 43' elde edilir. GM = 0^P 58', GC = 2^P 11', CM = 1^P 58', GF = 60^P bulunur.⁷¹

Episiklı taşıyan eksantrik dairenin yarıçapı GF olsun. Bu sebepten dolayı hipotenüs GF'den çok ufak bir miktar küçüktür. MF = 60^P'dir, çıkartmayla, CF = 58^P 2' elde edilir. Benzer şekilde, DCN açısı = 85^P 8' bölü 2'dir. Dolayısıyla, CDN dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, DN yayı = 85° 8', yarım daireden çıkartma ile, CN yayı = 94° 52' bulunur. Hipotenüs CD = 120^P olduğundan, kiriş DN = 81^P 10', kiriş CN = 88^P 23' olur. DN = 2^P 2', CN = 2^P 13' olduğu için çıkartma ile, NF = 55^P 49', CD = 3^P olduğunda, CF = 58^P 2' olduğu gösterilmiştir. Bu sebeple, episiklın yarıçapı = 22^P 30' olduğunda, hipotenüs DF = 55^P 51' olur. Dolayısıyla, hipotenüs DF = 120^P olduğunda, DN = 4^P 22' olur. DFN dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, DN açısı = 4° 11', böylece, DFN açısı = 4° 11' bölü 2'dir. Toplamayla, EDF açısı = 89° 19' bölü 2 bulunur. Toplamayla, EDL açısı = 135° bölü 2 bulunur. Çünkü gezegen apojeden itibaren 67° 30' olduğundaki zamanda görünür. Çıkartmayla, FDL açısı = 45° 41' bölü 2 elde edilir. Dolayısıyla, DFX dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, FX yayı =

⁷¹ Ptolemaios, s. 306, 307.

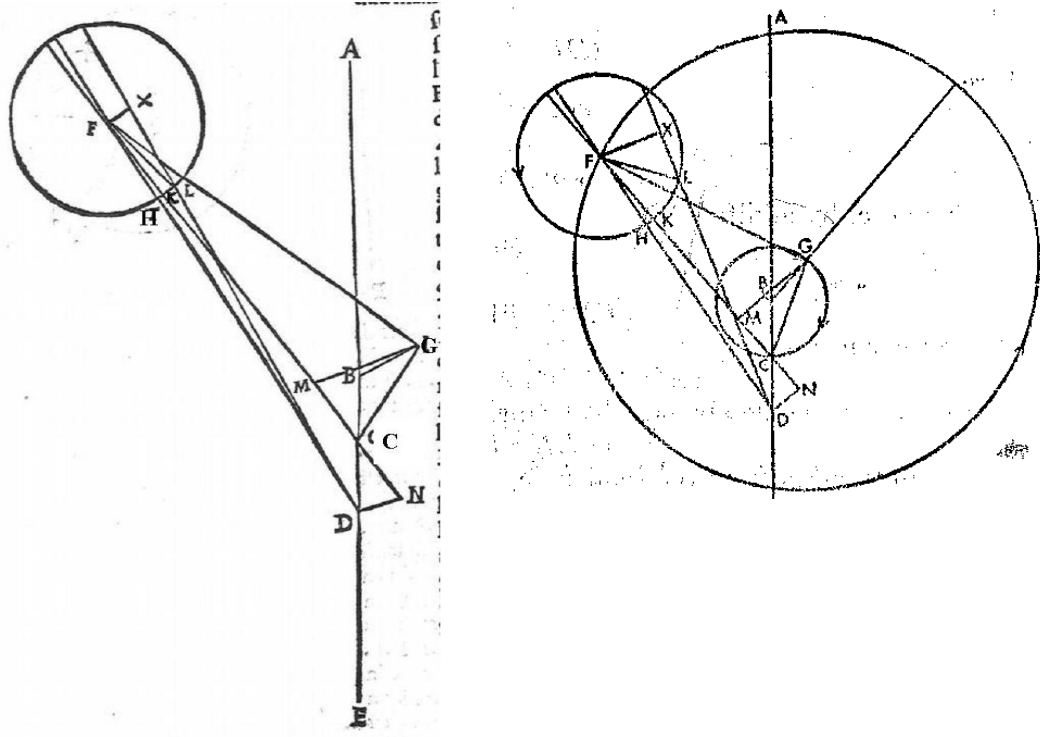
45° 41', hipotenüs DF = 120^P olduğundan, kiriş FX = 46^P 35' olur. Böylece, FX = 21^P 41' olur, DF = 55^P 51', episiklin yarıçapı FL = 22^P 30', hipotenüs FL = 120^P olduğundan, FX = 115^P 39' elde edilir. Dolayısıyla FLX dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, FX yayı = 149° 2', FLX açısı = 149° 2' bölü 2, FDL açısı = 45° 41' bölü 2 olduğu bulunur. Benzer şekilde, HFK açısı = 4° 11' bölü 2 olduğu kanıtlanmıştır. Dolayısıyla toplama ile, HFL açısı = 198° 54' bölü 2 = 99° 27' elde edilir.⁷²

Böylece, Merkür'ün apoje H noktasından itibaren gözlemdeki uzaklığı olan episiklin HKL yayının 99° 27' olduğu kanıtlanmıştır.

“Nabonassar'ın 484. yılı olan Dionysius'un 21. yılında, Akrep'in 22'si, Mısırlı Bilge Thoth'un 18- 19'u sabah vakti Merkür kuzeyden geçen düz çizginin doğusunda ve Akrep'in alnındaki yıldızların ortasında bir Ay mesafesindeydi ve alnındaki yıldızların iki Ay kadar kuzey tarafındaydı. Ancak Akrep'in alnının ortasındaki yıldız o zaman bizim başlangıç noktamıza göre Akrep'in 1 2/3°'sindedir ve ekliptiğin güneyindeki derecelerin sayısıyla aynıdır. En kuzeydeki yıldız Akrep'in 2 1/3°'si ve ekliptiğin kuzeyinin 1 1/3°'sindeydi. Dolayısıyla Merkür Akrep'in yaklaşık olarak 3 1/3°'sindeydi. Aynı zamanda onun en büyük sabah uzanımına ulaşmamış olduğu aşikârdı, çünkü 4 gün sonra, Akrep'in 26°'sinde, aynı düz çizginin doğusunda bir yarım ve bir Ay mesafede olduğu kaydedilmiştir. Uzanım büyümüşü çünkü Güneş hemen hemen 4° ve yıldız bir yarım Ay kadar hareket etmişti. Ortalama Güneş, Thoth'un 19'unda şafak vakti, Akrep'in içerisinde hesap yöntemlerimize göre (20 + ½ + 1/3)°'de idi ve yıldızın apojesi Terazi'nin 6°'sindeydi çünkü gözlemlerin arasında 400 yıl kadar olması apojeyi yaklaşık olarak 4° kaydirmişti.”⁷³

⁷² Ptolemaios, s. 306, 307, 308.

⁷³ Ptolemaios, s. 308.



Gezegenin ortalama konumu apojeden itibaren $44^{\circ} 50'$ olduğundan dolayı, ABG açısı $= 44^{\circ} 50' = 89^{\circ} 40'$ bölü 2'dir. Çıkarmayla, CBG açısı $= 270^{\circ} 20'$ bölü 2, BCG açısı $= BGC$ açısı $= 44^{\circ} 50' =$ bölü 2, BCG üçgeni etrafındaki daire üzerindeki çap $= 120^p$ olduğundan, kiriş $CG = 84^p 36'$, $BC = BG = 45^p 46'$ bulunur. Dolayısıyla, $BC = BG = 3^p$ olduğundan, $CG = 5^p 33'$ olur. ACF açısı $= 89^{\circ} 40'$ bölü 2 olarak varsayıldığından, BCG açısı $= 44^{\circ} 50'$ bölü 2 olduğundan, toplamayla, FCG açısı $= 134^{\circ} 30'$ bölü 2 bulunur. Dolayısıyla, CGM dik üçgeninin etrafındaki daire üzerindeki, GM yayı $= 134^{\circ} 30'$ olur. Yarım daireden çıkarmayla, CM yayı $= 45^{\circ} 30'$, kiriş $GM = 110^p 40'$, hipotenüs $CG = 120^p$ olduğundan, kiriş $CM = 46^p 24'$ olur. $GM = 5^p 7'$ ve $CM = 2^p 10'$, eksantrik dairenin yarıçapı, $FG = 60^p$, $CG = 5^p 33'$ olur. Dolayısıyla toplama ile, $FM = 59^p 47'$, $FMC = 61^{\circ} 57'$ olur. Benzer şekilde, DCN açısı $= 89^{\circ} 40'$ bölü 2, CDN dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki, DN yayı $= 89^{\circ}$

40', yarım daireden çıkarmayla, CN yayı = $90^{\circ} 20'$ bulunur. Hipotenüs CD = 120^p olduğundan, kiriş DN = $84^p 36'$, kiriş CN = $85^p 6'$ olur. Böylece, DN = $2^p 7'$, CN = $2^p 8'$, toplamayla, CD = 3^p olduğundan, FCN = $64^p 7'$ olur. FD = 120^p olduğundan, DN = $3^p 58'$ elde edilir. DFN dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki, DN yayı = $3^{\circ} 48'$ bulunur. DFN açısı = $3^{\circ} 48'$ bölü 2'dir. Çıkartmayla, ADF açısı = $85^{\circ} 52'$ bölü 2, aynı zamanda, ADL açısı = $54^{\circ} 40'$ bölü 2 olduğu varsayılmıştır. Çünkü gözlemlere göre, gezegen apoleden itibaren $27^{\circ} 20''$ 'dadır. Böylece çıkartmayla, FDL açısı = $31^{\circ} 12'$ bölü 2 bulunur. FDX dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki, FX yayı = $31^{\circ} 12'$, Hipotenüs DF = 120^p olduğundan, kiriş FX = $32^p 16'$ olur. FX = $17^p 15'$, DF = $64^p 7'$ veya episiklin yarıçapı FL = $22^p 30'$ elde edilir. FL = 120^p olduğundan, FX = 92^p olur. FLX dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki, FX yayı = $100^{\circ} 8'$, FLX yayı = $100^{\circ} 8'$ bölü 2, FDL açısı = $31^{\circ} 12'$ bölü 2 olduğu da gösterildi. HFK açısı = $3^{\circ} 48'$ bölü 2'dir. Böylece çıkartmayla, KFL açısı = $65^{\circ} 8'$ bölü 2 = $32^{\circ} 34'$ bulunur.⁷⁴

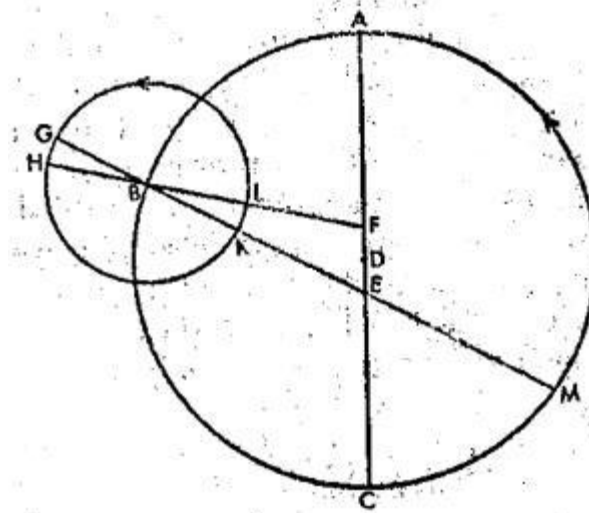
Bu gözlemlerde, gezegen episiklin perijesi olan K'dan itibaren $32^{\circ} 34'$ 'da ve apoleden itibaren $212^{\circ} 34'$ 'da olduğunu bulan Ptolemaios, bunun kendi gözlemi zamanında, episiklin apojesinden itibaren $99^{\circ} 27'$ olduğu göstermiştir. Ve bir gözlemden diğerine kadar geçen zaman 402 Mısır yılı, 283 gün ve yaklaşık olarak $13 \frac{1}{2}$ saat olduğundan, bu zaman anomalide gezegenin dolanımının 1.268'ini kapsadığını bulmuştur. Çünkü *Almagest*'te söylendiği üzere, 20 Mısır yılı yaklaşık olarak 63 devir yapar, 400 yıl 1.260 devirle dolanır. Bu yıla 2 yıl, tüm devre 8 eklenir. Dolayısıyla, 402 Mısır yılı, 283 gün ve $13 \frac{1}{2}$ saatte, Merkür'e ek yapılıp ve anomalide yaklaşık olarak 1.268 dolanım yapar, konumu $246^{\circ} 53'$ olur.⁷⁵

⁷⁴ Ptolemaios, s. 309, 310, 311.

⁷⁵ Ptolemaios, s. 311.

1.3.2. Mars (Dış Gezegen)

Ptolemaios, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün durumunda, Venüs için kullandığı modeli kullanmıştır. Buna göre, episiklin merkezini üzerinde taşıyan eksantrik daire, episiklin düzenli dolanımı meydana getiren dairenin merkezi ve ekliptiğin merkezi arasındaki düz çizginin kesişim noktasındaki kendi merkezi ile tanımlanır. Bu üç gezegende, genellikle burçlar kuşağı anomalisinin en büyük farkının olduğu noktada bulunan fark, en büyük ve en küçük mesafede episiklin gerilemesinin büyüklüğünden hesaplanan eksantritenin anomalisinin yaklaşık iki katı olarak meydana gelir. Ptolemaios her üç gezegenin de apojelerinin ve anomalilerinin büyüklüklerini düzenleyerek bunları bulmuştur. Diğer iki gezegende ise, Güneş'ten herhangi bir açısal mesafede olabileceklerinden dolayı aynı sonuca ulaşmanın mümkün olmadığını belirtmiştir. Daha sonra, eksantrisite oranlarını ve apojelerini göstererek, gezegenin oluşturduğu burçlar kuşağı anomalisini bulmuş ve Güneş'e göre oluşan bir anomalistik farkın olmadığını söylemiştir.⁷⁶



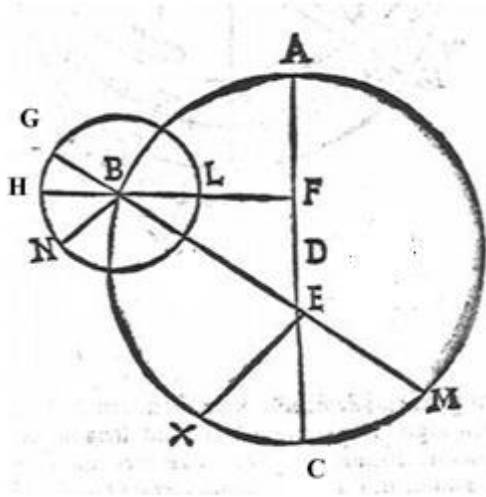
⁷⁶ Ptolemaios, s. 322.

Yukarıdaki şekilde, episiklın merkezini üzerinde taşıyan ABC eksantrik dairesinin merkezi D olsun. Apoje üzerinden geçerek çizilen çap AC olsun. E noktası ekliptiğin merkezi ve F varsayılan episiklın ortalama boylamsal konumlarına göre eksantrik dairenin merkezi olsun. Buna göre, gezegen, episiklın B merkezi üzerinden geçen EG düz çizgisi üzerinde görüldüğünde, Güneş'in ortalama konumu her zaman aynı düz çizgi üzerinde olacaktır. Gezegen G'de olduğunda, G noktasında görülen Güneş'in ortalama konumu ile kavuşma konumunda olacaktır ve K'da olduğunda M'de görülen Güneş'in ortalama konumuna taban tabana zıt olacaktır. Gezegenin episiklının üzerindeki düzenli geçişini kapsayan B'deki açı her zaman gezegenin boylamdaki düzenli hareketini kapsayan F merkezindeki açı ile onun görünür hareketini kapsayan E'deki açının farkıdır. Dolayısıyla, gezegen G noktasındayken H apojesine dönüşü, ortalama Güneşsel geçiş tarafından kapsanan açı ve gezegenin görünür geçişinin aynısı olan, GBH açısı kadar kısa olacak, yani AFB açısından çıkarıldığında AEG açısını verecektir. Gezegen K noktasındayken episiklın üzerinde HBK açısı boyunca hareket edecek, A apojesinden itibaren Güneş'in ortalama geçişine eşit olacaktır. Güneş'in ortalama geçişi yarım daireye ek olarak KBL ve AFB açıları arasındaki farkı da kapsar, yani CEM açısı gezegenin görünür geçiş açısına dik olur.⁷⁷

Bu sebeple, episiklın merkezi B'den gezegene kadar çizilen düz çizgi ve E noktasındaki ekliptiğin merkezinden gezegenin ortalama konumuna kadar çizilen düz çizginin ikisi de aynı düz çizgi boyunca düşer. Diğer bütün mesafeler durumunda, farklı noktalara yönelecek, ancak her zaman birbirlerine paralel olacaklardır.⁷⁸

⁷⁷ Ptolemaios, s. 322, 323.

⁷⁸ Ptolemaios, s. 323.



Bir önceki şekilde herhangi bir konumda, B'den itibaren gezegene doğru bir düz çizgi çizmiş olsaydık, örneğin BN ve bir diğer düz çizgi E'den ortalama Güneş'in konumuna doğru, örneğin EX, aynı sebeplerden dolayı, AEX açısı = AFH açısı + NBH açısı, AFH açısı = AEG açısı + GBH

açısı olurdu. Ortak olan AEG açısından çıkartma yoluyla, GEX açısı = GBN açısı elde edilir. Dolayısıyla EX düz çizgisi BN'ye paraleldir.⁷⁹

Ptolemaios Ay modelini hazırlarken öncelikle üç tutulmanın zamanlarını ve yerlerini almış ve apojenin yerini ve anomali oranını geometrik olarak göstermişti. Dolayısıyla burada da aynı şekilde dış gezegenlerden her birinin Güneş'e ortalama konumlarıyla birlikte, üç akronikal (Gece başladığında oluşan durum. Gökyüzünde Güneş'in karşısındaki bir yıldız, günbatımında akronikal doğar ve gündoğumunda akronikal batar.) karşı konumları gözlemlemiş ve başta gözlemlerdeki Güneş'in ortalama konumundaki yeri ve zamanının açısal mesafesini tam derecesiyle hesaplayarak, bunların apojelerini ve eksantrisite oranlarını göstermiştir.⁸⁰

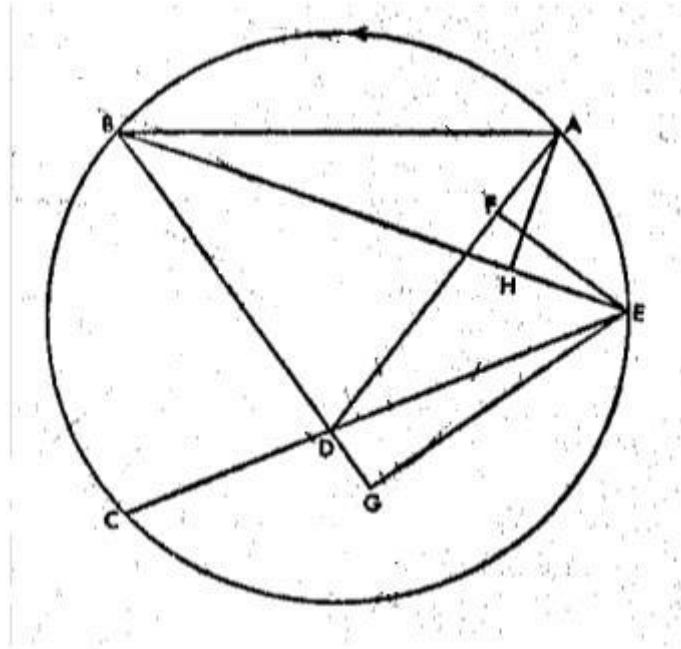
“Bu yüzden ilk olarak, Mars'ın üç karşı konumunu aldık; ilkini Hadrian'ın 15. yılında, Mısırlı Bilge Tybi'nin 26-27'si gece yarısından 1 ekvatorial saat sonra, İkizler'in yaklaşık olarak 21° içerisinde; ikincisini Hadrian'ın 19. yılında, Mısırlı Bilge Pharmouthi'nin 6-7'si gece yarısından 3 saat önce, Aslan'ın yaklaşık olarak $28^\circ 50'$ içerisinde; ve üçüncüsünü Antonine'nin 2. yılında, Mısırlı Bilge Epiphi'nin 12-13'si

⁷⁹ Ptolemaios, s. 323, 324.

⁸⁰ Ptolemaios, s. 324, 325.

gece yarısından 2 ekvatoral saat önce, Yay'ın yaklaşık olarak $2^{\circ} 34'$ içerisinde gözlemledik. Şimdi birinci karşı konumdan ikincisine kadar geçen zaman aralığı 4 Mısır yılı, 69 gün ve 20 ekvatoral saati ve ikincisinden üçüncüsüne geçen zaman aralığı, benzer şekilde, 4 yıl, 96 gün ve 1 ekvatoral saati kapsar. Birinci zaman aralığından itibaren boylamdaki harekette $81^{\circ} 44'$, tam bir daireye ek olarak, ikinciden itibaren $95^{\circ} 28'$ eklenir. Biz gelişigüzel bir şekilde periyodik dönüşlerden ortalama hareketlerin zaman miktarını hesaplamış olsak bile orada ayırt edilebilir bir fark yoktur. Açıktır ki, ilk zaman aralığı için, görünen gezegen tam bir daireye ek olarak $67^{\circ} 50'$ ve ikinci için, $93^{\circ} 44'$ hareket eder.⁸¹

Ptolemaios daha sonra, Mars'ın apojesini ve eksantrite oranını bulmak için, gözlem verilerini şekil üzerinde göstermiştir. Bu amaçla Mars'ın eksantrik dairesinin düzenli geçiş yaptığı daireyi, diğer bir deyişle ekuant dairesi olan ABC'yi çizmiştir.



⁸¹ Ptolemaios, s. 324, 325.

Şekilde, karşı konumun ilk noktasının A, ikincisinin B ve üçüncüsünün C olsun. Ve daire içerisindeki D noktası ekliptiğin merkezi olarak alınsın. Üç karşı konumdan ekliptiğin merkezine doğru AD, BD ve CD çizgileri çizilsin. Düz çizgilerden biri eksantriğin karşı konumdaki CDE yayını oluştursun. Diğer iki noktadaki düz çizgiler ise AB gibi olsun. Eksantrik daire ile içinde oluşturulan düz çizgilerin kesişim noktası E olsun. Diğer iki karşı noktaya da EA ve EB düz çizgileri çizilsin. EF AD'ye ve EG BD'ye dik çizilsin. A'dan itibaren AH çizgisi BE düz çizgisine dik indirilsin.⁸²

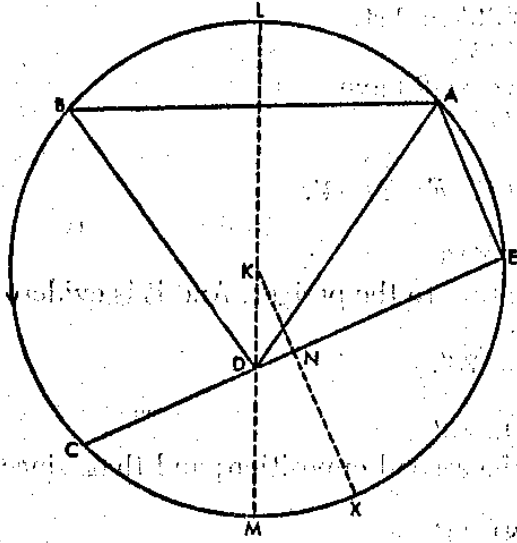
Ptolemaios'a göre, bu çizimin içindeki şeyleri nasıl ele alırsak alalım, aynı oranları bulabiliriz ve Mars için verilen yaylardan kanıtların kalan kısmı bu şekilde belirgin olur.

Eksantriğin BC yayının ekliptik üzerinde $93^{\circ} 44'$ 'ya karşılık geldiği varsayıldığından, ekliptiğin merkezinde olan yay, BDC yayı = $93^{\circ} 44' = 187^{\circ} 28'$ bölü 2, onun tamlayanı olan, EDG yayı = $172^{\circ} 32'$ bölü 2'dir. Dolayısıyla, DEG dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, EG yayı = $172^{\circ} 32'$, kiriş EG = $119^{\text{p}} 45'$, hipotenüs DE = 120^{p} olur. Benzer şekilde, BC yayı = $95^{\circ} 28'$, çevre üzerindeki açı olan BEC açısı = $95^{\circ} 28'$ bölü 2, BDE açısı = $172^{\circ} 32'$ bölü 2, çıkartma yoluyla EBG açısı = 92° bölü 2 bulunur. BEG dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, EG yayı = 92° , kiriş EG = $86^{\text{p}} 19'$, hipotenüs BE = 120^{p} , BE = $166^{\text{p}} 29'$, EG = $119^{\text{p}} 45'$, DE = 120^{p} olduğu ispatlanmıştır. Eksantrik dairenin tüm ABC yayının ekliptik üzerinde $161^{\circ} 34'$ karşılık geldiği varsayıldığından, iki zaman aralığının toplamı, ADC açısı = $161^{\circ} 34'$, çıkartma yoluyla, ADE açısı = $18^{\circ} 26' = 36^{\circ} 52'$ bölü 2'dir. DEF dik üçgeni

⁸² Ptolemaios, s. 325, 326.

etrafındaki daire üzerinde, EF yayı = $36^{\circ} 52'$, kiriş EF = $37^{\text{P}} 57'$, hipotenüs DE = 120^{P} olur. Benzer şekilde, eksantrik dairenin üzerindeki yay olan, ABC yayı = $177^{\circ} 12'$, AEC açısı = $177^{\circ} 12'$ bölü 2, AED açısı = $36^{\circ} 52'$ bölü 2 olur. Dolayısıyla çıkartma yoluyla, DAE açısı = $145^{\circ} 56'$ bölü 2 bulunur. AEF dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, EF yayı = $145^{\circ} 56'$, kiriş EF = $114^{\text{P}} 44'$, hipotenüs AE = 120^{P} olur. AE = $39^{\text{P}} 42'$, EF = $37^{\text{P}} 57'$, ED = 120^{P} 'dir. Yine, eksantrik daire üzerindeki yay olan, AB yayı = $81^{\circ} 44'$ olduğundan, AEB açısı = $81^{\circ} 44'$ bölü 2 olur. AEH dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, AH yayı = $81^{\circ} 44'$, yarım daireden çıkartma yoluyla, EH yayı = $98^{\circ} 16'$ bulunur. Dolayısıyla, kiriş AH = $78^{\text{P}} 31'$, kiriş EH = $90^{\text{P}} 45'$, hipotenüs AE = 120^{P} , böylece AH = $25^{\text{P}} 58'$, EH = $30^{\text{P}} 2'$, AE = $39^{\text{P}} 42'$, AE = 120^{P} varsayılır. BE = $166^{\text{P}} 29'$ olduğu kanıtlanmıştır, dolayısıyla çıkartma yoluyla, BH = $136^{\text{P}} 27'$, AH = $25^{\text{P}} 58'$ bulunur. BH kare = $18,615^{\text{P}} 16'$, benzer şekilde, AH kare = $674^{\text{P}} 16'$, bunları birbirleriyle topladığımızda, AB kare = $18,289^{\text{P}} 32'$; dolayısıyla, uzunluk olarak, AB = $138^{\text{P}} 53'$, AE = $39^{\text{P}} 42'$, DE = 120^{P} bulunur. AB = $78^{\text{P}} 31'$, eksantrik dairenin çapı = 120^{P} olduğundan ve AB $81^{\circ} 44'$ olan bir yaya karşılık geldiğinden, AB = $78^{\text{P}} 31'$ ve eksantrik dairenin çapı = 120^{P} olduğundan, DE = $67^{\text{P}} 50'$, AE = $22^{\text{P}} 44'$ bulunur. AE eksantrik daire üzerindeki yay olduğundan, AE yayı = $21^{\circ} 41'$, toplama yoluyla, EABC yayı = $198^{\circ} 53'$, çıkartma yoluyla, CE yayı = $161^{\circ} 7'$, kiriş CDE = $118^{\text{P}} 22'$, eksantrik dairenin çapı = 120^{P} bulunur.⁸³

⁸³ Ptolemaios, s. 326, 327, 328.



Ptolemaios'a göre, CE düz çizgisi eksantrik dairenin çapına eşit bulunmuş olsaydı, eksantrik dairenin merkezinin onun üzerinde olacağı açıktı ve eksantrisite oranı hemen anlaşılacaktı. Ancak eşit çıkmadığından, EABC parçası bir yarım daireden daha büyük olmuştur. Eksantrik dairenin merkezinin o tarafa düşeceği açıktır. Bu durumda, K noktası varsayılın ve LKDM çapı K ve D olmak üzere her iki merkezden geçerek çizilsin, K'dan itibaren KNX CE'ye dik olarak çizilsin.⁸⁴

Buna göre, LM çapı = 120^p olduğundan, CE = $118^p 22'$, DE = $67^p 50'$ olduğu gösterildiğinden, çıkartma yoluyla, CD = $50^p 32'$ bulunur. Böylece, ED, DC doğrusu = LD, DM doğrusu olduğundan, LD, DM doğrusu = $3.427^p 51'$ buluruz. LD, DM doğrusu + DK kare = LK kare tüm çapın yarısının karesidir. Dolayısıyla, eğer 3.600^p olan LK'nin karesinden $3.427^p 51'$ olan LD, DM doğrusunu çıkartırsak, DK'nin karesi olan $172^p 9'$ elde ederiz. Böylece, uzunluk olarak aşağıdakileri elde ederiz ve merkezler arasındaki çizgi DK = $13^p 7'$ ve eksantriğin yarıçapı LK = 60^p olduğundan, CN veya CE'nin yarısı = $59^p 11'$ olduğundan, LM çapı = 120^p , DC = $50^p 32'$ olduğu

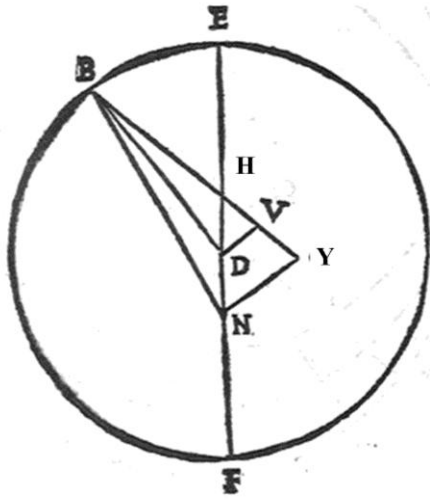
⁸⁴ Ptolemaios, s. 328, 329.

kanıtlanmıştır. Dolayısıyla çıkartma yoluyla, $DN = 8^p 39'$, $DK = 13^p 7'$ olduğu bulunur. $DN = 79^p 8'$, hipotenüs $DK = 120^p$, DKN dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, DN yayı $= 82^{\circ} 30'$ 'dir. Dolayısıyla, DKN açısı $= 82^{\circ} 30' \div 2 = 41^{\circ} 15'$ 'dir. Eksantrik dairenin merkezinde olduğundan, MX yayı $= 41^{\circ} 15'$ elde ederiz. Toplama yoluyla, CMX yayı $= CXE$ yayının yarısı $= 80^{\circ} 34'$ bulunur. Çıkartma yoluyla, üçüncü karşı konumdan perijeye kadarki yay olan, CM yayı $= 39^{\circ} 19'$ bulunur. BC yayı $= 95^{\circ} 28'$ varsayıldığından, yine çıkartma yoluyla, apoleden ikinci karşı konuma kadarki yay olan, BL yayı $= 45^{\circ} 13'$, AB yayı $= 81^{\circ} 44'$ varsayıldığından, çıkartma yoluyla, birinci karşı konumdan apojeye kadarki yay olan, AL yayı $= 36^{\circ} 31'$ bulunur.⁸⁵

Ptolemaios varsaydığı tüm bu değerlerle, üç karşı konum için şekil çizmiş ve her bir karşı konumda oluşan farkları ortaya çıkarmıştır. Daha sonra birinci ve ikinci karşı konumlardaki farkları birbiriyle toplayarak elde ettiği $56'$ olan sonucu ekliptik üzerindeki birinci zaman aralığı olan $67^{\circ} 50'$ 'ya ekleyerek, eksantrik daireye göre saptanmış $68^{\circ} 46'$ olan mesafeyi elde etmiştir. İkinci ve üçüncü karşı konumdakileri birbirleriyle toplayarak ve ekliptik üzerindeki görünür ikinci zaman aralığı olan $93^{\circ} 44'$ 'dan çıkartarak, $1^{\circ} 8'$ olan sonuca ulaşmış ve yine eksantrik daireye göre saptanmış $92^{\circ} 36'$ olan mesafeyi bulmuştur. Bu sonuçlardan da, aynı kanıtları kullanarak, apoje ve eksantrisite oranını doğru bir şekilde bulmuştur.⁸⁶

⁸⁵ Ptolemaios, s. 329, 330.

⁸⁶ Ptolemaios, s. 335.



İkinci karşı konumun benzer bir çizimi hazırlanmıştır. Buna göre, episiklin ortalama geçişinin açısı olan, BHE açısı = $40^{\circ} 11'$, ona dikey olan NHY açısı = $80^{\circ} 22'$ bölü 2. Dolayısıyla, DHV dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki yay, DV yayı = $80^{\circ} 22'$, yarım daireden çıkartma yoluyla, HV yayı = $99^{\circ} 38'$. Dolayısıyla,

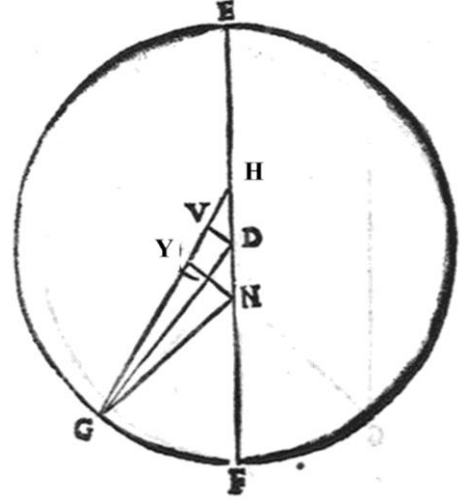
kiriş $DV = 77^{\text{P}} 26'$, kiriş $HV = 91^{\text{P}} 41'$, hipotenüs $DH = 120^{\text{P}}$ bulunur. $DV = 3^{\text{P}} 52'$, $HV = 4^{\text{P}} 35'$, $DH = 6^{\text{P}}$, hipotenüs $BD = 60^{\text{P}}$ 'dir. BD kare – DV kare = BV kare olduğundan, $BV = 59^{\text{P}} 53'$. Aynı şekilde, $HV = VY$ olduğundan, $NY = 2DV$, toplama yoluyla, $BY = 64^{\text{P}} 28'$, $NY = 7^{\text{P}} 44'$. Sonuç olarak, hipotenüs $BN = 64^{\text{P}} 56'$ bulunur. Böylece, $NY = 14^{\text{P}} 19'$, hipotenüs $BN = 120^{\text{P}}$; BNY dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki yay, NY yayı = $13^{\circ} 42'$; BNY açısı = $13^{\circ} 42'$ bölü 2 = $6^{\circ} 51'$; BHE açısı = $40^{\circ} 11'$ bulunur. Çıkartma yoluyla, görünür geçişin açısı olan, BNE açısı = $33^{\circ} 20'$ elde edilir.⁹⁰

Bu miktarla gezegen ikinci karşı konumda apojesinin doğusunda görünür. Böylece, birinci karşı konumda apojenin $34^{\circ} 20'$ batısında olduğundan, birinci karşı konumdan ikinci karşı konuma kadar olan tüm zaman aralığı $67^{\circ} 50''$ ya denk gelir. Bu miktar ise Ptolemaios'un gözlem verileriyle uyumludur.⁹¹

⁹⁰ Ptolemaios, s. 336, 337.

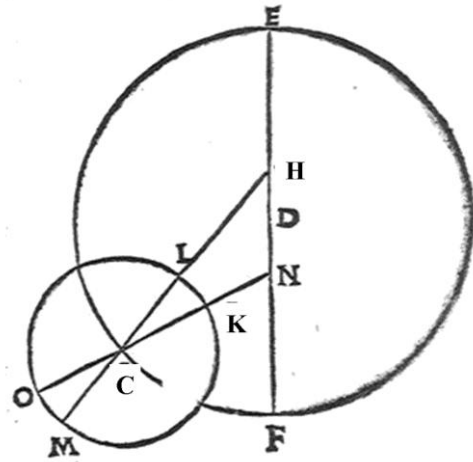
⁹¹ Ptolemaios, s. 337.

Aynı yolla hazırlanan üçüncü karşı konumda, episiklın düzenli geçişinin açısı olan, CHF açısı = $44^{\circ} 21' = 88^{\circ} 42'$ bölü 2 olduğundan, DHV dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki yay, DV yayı = $88^{\circ} 42'$, yarım daireden çıkartma yoluyla, HV yayı = $91^{\circ} 18'$; dolayısıyla, kiriş DV = $83^{\text{P}} 53'$, kiriş HV = $85^{\text{P}} 49'$, hipotenüs DH = 120^{P}



bulunur. $DV = 4^{\text{P}} 11 \frac{1}{2}'$, $HV = 4^{\text{P}} 17'$, $AD = 6^{\text{P}}$, eksantrik dairenin yarıçapı $CD = 60^{\text{P}}$; $CD^2 - DV^2 = CV^2$ olduğundan, $CV = 59^{\text{P}} 51'$, $HV = VY$ olduğundan, $NY = 2DV$, çıkartma yoluyla, $CY = 55^{\text{P}} 34'$, $NY = 8^{\text{P}} 23'$; sonuç olarak, hipotenüs $CN = 56^{\text{P}} 12'$ bulunur. Böylece, $NY = 17^{\text{P}} 55'$, hipotenüs $CN = 120^{\text{P}}$; CNY dik üçgeni etrafındaki daire üzerindeki yay, NY yayı = $17^{\circ} 10'$ bulunur. Böylece, HCN açısı = $17^{\circ} 10'$ bölü 2 = $8^{\circ} 35''$ dir. Ancak, CHF açısı = $44^{\circ} 21'$; toplama yoluyla, CNF açısı = $52^{\circ} 56'$ bulunur.⁹²

Mars üçüncü karşı konumda, perijenin sadece bu miktar kadar batısında görünür. Böylece, üçüncü karşı konumu ikinci karşı konumdan çıkartma yoluyla, ikinci zaman aralığında gözlemlenen miktar ile uyumlu bir biçimde $93^{\circ} 44'$ sonucu bulunur. Mars CN düz çizgisi



üzerinde görüldüğünde, gözleme göre Yay'ın $2^{\circ} 34'$ içerisinde ve ekliptiğin

⁹² Ptolemaios, s. 337, 338.

merkezindeki CNF açısının $52^{\circ} 56'$ olduğu ispatlanmıştır. F noktasındaki eksantrisitenin perijesi Oğlak'ın $25^{\circ} 30'$ içerisinde ve apoje Yengeç'in $25^{\circ} 30'$ içerisinde taban tabana zıttır.⁹³

Buna göre C merkezi etrafında Mars'ın episiklini tanımlar ve CN düz çizgisini çizersek, üçüncü karşı konumun zamanında eksantrik dairenin apojesinden itibaren $135^{\circ} 39'$ olan episiklin ortalama geçişini elde ederiz. Yarım dairenin kalanı olan CHF açısı $= 44^{\circ} 21'$ olduğu kanıtlandığından, episiklin apojesi M'den itibaren gezegenin ortalama geçişi olan M yayı $= 171^{\circ} 25'$ elde edilir. Episiklin merkezindeki HCN açısı $= 8^{\circ} 35'$ olduğu kanıtlandığından, K noktasındaki yıldızdan periye L'ye kadar olan yay, KL yayı $= 8^{\circ} 35'$ ve apoje M'den K'daki gezegene kadar olan yay, $171^{\circ} 25'$ 'dir.⁹⁴

“Üçüncü karşı konum zamanında – yani, Antonine'nin 2. yılında, Mısırlı Bilge Epiphi'nin 12-13'ünde, gece yarısından 2 ekvatorial saat önce – Mars eksantrik dairenin apojesinden itibaren ortalama boylamda $135^{\circ} 39'$ 'dir ve episiklin apojesinden itibaren anomalide $171^{\circ} 25'$ 'dir. Bunların gösterilmesi gerekliydi.”⁹⁵

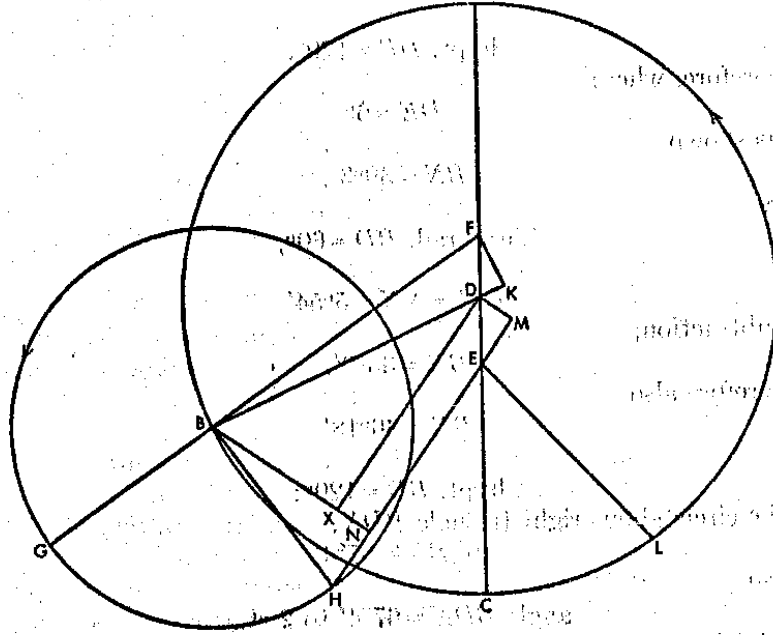
Ptolemaios, Mars'ın episiklinin karşı konum zamanlarında eksantrik daireden geçişini gösterdikten sonra, periyodik ortalama hareketlerin düzeltimi için kendisinden öncekilerin yaptığı gözlemlerden yararlanmış ve bunları şekil üzerinde kanıtlamıştır.

⁹³ Ptolemaios, s. 338.

⁹⁴ Ptolemaios, s. 338, 339.

⁹⁵ Ptolemaios, s. 339.

“Periyodik ortalama hareketlerin düzeltimi için, oldukça belirgin olan eski gözlemlerden birini aldık. Mars Dionysius’un 13. yılında, Aigon’un 25’inde sabah vakti, Mars Akrep’in alnının kuzeyinde gizlenmiş görünüyor. Bu gözlem yılı İskender’in ölümünden 42 yıl sonradır (yani, Nabonassar’ın 476. yılında, Mısırlı Bilge Athhyr’in 20-21’si sabahında). Güneş ortalama konumunda Oğlak’ın $23^{\circ} 54'$ içerisinde. Bize göre, Akrep’in alnının kuzeyindeki yıldız, Akrep’in $6 \frac{1}{3}^{\circ}$ içerisinde gözlemlendi. Gözlemden Antonine devrine kadar geçen 409 yıl, sabit yıldızlarda yaklaşık olarak $4^{\circ} 5'$ kadar bir değişim yaptığından, sabit yıldızlar Akrep’in $2 \frac{1}{4}^{\circ}$ kadar içerisinde olmalıdır. Açıkça Mars aynı konumda olmalıdır. Benzer şekilde, bize göre - yani, Antonine devrinin başlangıcında - Mars’ın apojesi Yengeç’in $25^{\circ} 30'$ içerisinde idi, gözlem vakti Yengeç’in $25^{\circ} 30'$ içerisinde olmalıdır. Görünen gezegenin apojeden itibaren $100^{\circ} 50'$, ortalama Güneş’in aynı apojeden itibaren $189^{\circ} 29'$ ve perijeden itibaren $2^{\circ} 29'$ olduğu açıktır.”⁹⁶



⁹⁶ Ptolemaios, s. 342.

D merkezi etrafında ve ADC çaplı ABC eksantrik dairesi, episiklin merkezini taşısın. Çap üzerindeki E ekliptiğin merkezi ve F ekuant merkezi olsun. B etrafında tanımlanan GH episikli ile FBG ve DB aracılığıyla çizilsin. F'den itibaren DB düz çizgisine dik olarak DB çizilsin. Mars episiklin üzerindeki H noktasında varsayılınsın ve B'den itibaren EL'ye paralel olarak BH çizilsin. Güneş'in ortalama konumunun EL boyunca görüldüğü, Güneş modelini açıklarken tespit edildiğinden, D ve B noktalarından itibaren DM ve BN, EH'a dik olarak çizilsin. Yine D'den itibaren BN'ye dik olarak DX çizilsin, dolayısıyla DMNX şekli dik bir paralelkenar oluşturur.⁹⁷

Gezegenin apoleden itibaren görünür konum açısı olan, AEH açısı = $100^{\circ} 50'$, Güneş'in ortalama geçiş açısı olan, CEL açısı = $2^{\circ} 29'$, dolayısıyla, HEL açısı = BHE açısı = $81^{\circ} 39' = 163^{\circ} 18'$ bölü 2'dir. BHN dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, BN yayı = $163^{\circ} 18'$, kiriş BN = $118^{\text{P}} 43'$, hipotenüs BH = 120^{P} 'dir. Böylece, BN = $39^{\text{P}} 3'$, eksantrik dairenin yarıçapı BH = $39^{\text{P}} 30'$, merkezler arasındaki çizgi DE = 6^{P} , AEH açısı = $100^{\circ} 50' = 201^{\circ} 40'$ bölü 2 olduğundan, onun tamlayanı olan, DEM açısı = $158^{\circ} 20'$ bölü 2 olur. DEM dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, DM yayı = $158^{\circ} 20'$, kiriş DM = $117^{\text{P}} 52'$, hipotenüs DE = 120^{P} 'dir. Dolayısıyla, DE = 6^{P} , BN = $39^{\text{P}} 3'$, eksantrik dairenin yarıçapı = 60^{P} 'dir. DM = NX = $5^{\text{P}} 54'$, çıkartma yoluyla, BX = $33^{\text{P}} 9'$ bulunur. BX = $66^{\text{P}} 18'$, hipotenüs BD = 120^{P} 'dir. BDX dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, BX yayı = $67^{\circ} 4'$, BDX açısı = $67^{\circ} 4'$ bölü 2, DEM açısı = $158^{\circ} 20'$ bölü 2 olduğu gösterildiğinden, EDM açısı = $21^{\circ} 40'$ bölü 2'dir. Çıkartma yoluyla, BDE açısı = $225^{\circ} 24'$ bölü 2, onun tamlayanı olan, BDA açısı = $134^{\circ} 36'$ bölü 2'dir. DFK dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, FK yayı = $134^{\circ} 36'$, yarım daireden çıkartma

⁹⁷ Ptolemaios, s. 342, 343.

yoluyla, DK yayı = $45^{\circ} 24'$ 'dir. Dolayısıyla, kiriş FK = $110^{\text{P}} 42'$, kiriş DK = $46^{\text{P}} 18'$, hipotenüs DF = 120^{P} , FK = $5^{\text{P}} 32'$, DK = $2^{\text{P}} 19'$, çıkartma yoluyla, BK = $57^{\text{P}} 41'$, DF = 6^{P} , eksantrik dairenin yarıçapı DB = 60^{P} olur. Sonuç olarak, hipotenüs BF = $57^{\text{P}} 57'$, dolayısıyla, FK = $11^{\text{P}} 28'$, BF = 120^{P} , BKF dik üçgeni etrafındaki daire üzerinde, FK yayı = $10^{\circ} 58'$ bulunur. DBF açısı = $10^{\circ} 58'$ bölü 2, ABD açısı = $134^{\circ} 36'$ bölü 2, toplama yoluyla, AFB açısı = $145^{\circ} 34'$ bölü 2 = $72^{\circ} 47'$ elde edilir.⁹⁸

Demek oluyor ki, bu gözlem zamanında, gezegenin ortalama boylamsal konumu diğer bir deyişle episiklin B merkezi, apoleden itibaren $72^{\circ} 47'$ 'da, sonuç olarak Terazi'nin $4^{\circ} 12'$ içerisinde idi. CEL açısı = $2^{\circ} 29'$ 'dir. İki dik açının oluşturduğu yarım daire ile birlikte, ABC, ortalama boylam açısı olan AFB'nin toplamına eşittir ve anomali açısı GBH, yani gezegenin episikl üzerindeki hareketi, çıkartma yoluyla, GBH açısı = $109^{\circ} 42'$ bulunur. Böylece, gözlem zamanında, gezegenin episiklin apojesinden itibaren yaklaşık olarak anomalisi $109^{\circ} 42'$ 'sında olur.⁹⁹

Üçüncü karşı konumun zamanında, gezegenin episiklin apojesinden itibaren anomalisi $171^{\circ} 25'$ olduğundan dolayı, gözlemler arasındaki zaman, 410 Mısır yılı ve yaklaşık olarak $231 \frac{2}{3}$ gün, ona eklenerek yaklaşık olarak 192 tam dolanım olan $61^{\circ} 43'$ bulunur.¹⁰⁰

“Nabonassar'ın 1. yılında, Mısırlı Bilge Thoth'un 1'i öğle vaktinden bu gözleme kadar geçen zaman aralığı 475 Mısır yılı ve yaklaşık olarak $79 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ gün olduğundan ve bu miktar zaman boylamda $180^{\circ} 40'$ fazlalığı ve anomalide $142^{\circ} 29'$ fazlalığı kapsadığından, eğer gözlemde onlara karşılık gelen konumların her birinden çıkarırsak

⁹⁸ Ptolemaios, s. 343, 344, 345.

⁹⁹ Ptolemaios, s. 345.

¹⁰⁰ Ptolemaios, s. 345.

– yani, boylamda Terazi'nin $4^{\circ} 12'$ içerisinde olandan ve anomalide $109^{\circ} 42'$ 'den – Nabonassar'ın 1. yılında, Mısırlı Bilge Thoth'un 1'i öğle vaktinde, (1) boylamda Koç'un $3^{\circ} 32'$ içerisinde; (2) anomalide episiklin apojesinden itibaren $327^{\circ} 13'$ olmak üzere, Mars'ın periyodik hareketlerinin süresini elde ederiz. Sonuç olarak 475 yıl apojede $(4 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4})^{\circ}$ değişikliğe denk geldiğinden, gözlemde Mars'ın apojesi Yengeç'in $21^{\circ} 25'$ 'sında olur ve bu süre zamanında Yengeç'in $16^{\circ} 40'$ 'sında olacağı açıktır.”¹⁰¹

¹⁰¹ Ptolemaios, s. 345.

1.4. Gezegenlerin Enlem Hareketleri

Her gezegenin, birincisi ekliptiğin parçalarına göre eksantrik daireden dolayı ve ikincisi, Güneş'e göre episikldan dolayı, çifte bir boylamsal fark gerçekleştiriyor görünmesi nedeniyle, her ne kadar boylamsal geçişte bu eğimlere ilişkin anomalilerin gösteriminde bundan kaynaklanan kayda değer hiçbir değişiklik olmasa da, her bir durumda eksantrik dairenin episiklın düzlemine ve episiklın eksantrik dairenin düzlemine eğimli olduğunu varsayılır.¹⁰²

“Her bir gezegen üzerinde yapılacak gözlemler yoluyla, doğru olarak belirlenen boylam sayısı ve anomali sayısının her biri (biri eksantrik dairenin kuzey veya güney sınırından ve diğeri kendi apojesinden) neredeyse bir çeyrek daireye eşit olduğunda, gezegenler ekliptik düzleminde görüldüğü için, eksantrik dairelerin eğimlerinin, Ay durumunda olduğu gibi, kuzey veya güney sınırlarından geçen çaplara göre, ekliptiğin merkezi etrafında olduğunu ve episiklınların, eksantrik dairenin merkezine yönlendirilen ve üzerinde görünen apojelerin ve perijelerin gözlemlendiği çaplarına göre olduğunu varsayabiliriz.”¹⁰³

Gezegenlerin enlem teorileri Güneş ve Ay'a göre çok daha karmaşıktır. Güneş için bir enlem teorisi çok gereksizdir. Ay'ın enlemini oluşturan yüzeyin ise ekliptiğe eğimi 5° ile sabittir. Her gezegen için enlemdeki eğim çok küçük olduğundan ve gezegenin boylamına çok fazla etki etmediğinden, Ptolemaios gezegenlerin boylamdaki hareketlerini hesaplarırken enlem eğimini yok saymıştır. Ptolemaios'un enlem teorisinde, her gezegenin eksantrik dairesinin yüzeyi ekliptik yüzeyine eğimlidir ve gezegen episikllarının yüzeyi de eksantrik dairenin yüzeyine eğimlidir. Mars, Jüpiter ve Satürn'de, diğeri bir deyişle dış gezegenlerde eğimler sabittir. Ancak

¹⁰² Ptolemaios, s. 426.

¹⁰³ Ptolemaios, s. 426.

Merkür ve Venüs’de, yani iç gezegenlerde, episiklin yüzeyinin eğimi, deferentin yüzeyine göre sallanma da denilen bir eğim oluşturur. Her gezegen iki boylamsal anomaliye sahip olduğu gibi, iki enlemsel anomaliye de sahiptir. Eksantrik dairenin eğimi ekliptiğin merkezinde gerçekleşir ve episiklin eğimi de episiklin çapına göre oluşur. Buna ek olarak episiklin eğimi sadece apoje-perije arasındaki çizgi boyunca gerçekleşir. Ancak Merkür ve Venüs’ün episiklin çapı boyunca iki eğimi vardır.¹⁰⁴

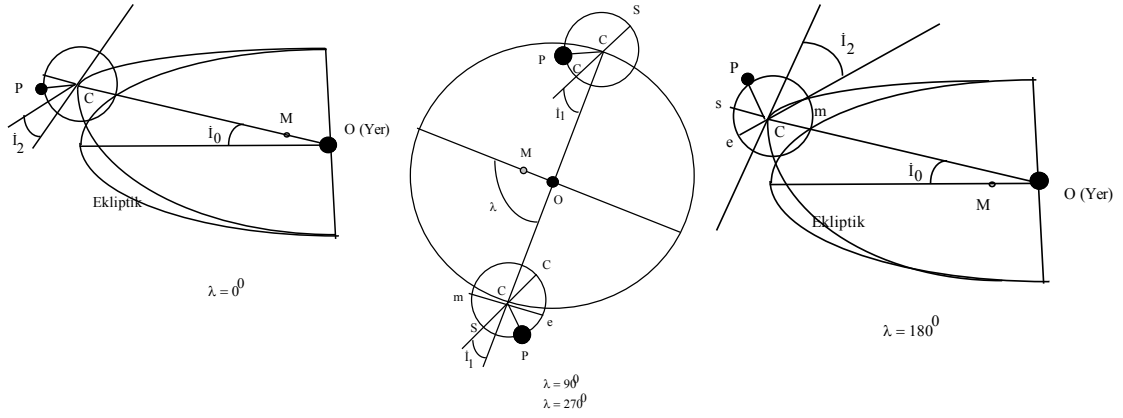
İç gezegenlerde birinci eğim, episikl, eksantrik dairenin apoje ya da perijesindeyken episiklin çapı boyunca oluşur. Sallanma denilen ikinci eğim ise, episikl, eksantrik dairenin apoje ya da perijesinden bir çeyreklik uzaklıktayken, episiklin çapı boyunca gerçekleşir.¹⁰⁵

Ptolemaios aşağıdaki şekle göre, gezegenlerin enlemlerine ilişkin olarak iki tip eğim tanımlamaktadır. Birincisi ekliptik ile eksantrik daire arasındaki eğimdir (i_0). İkincisi, episikl dairesi ile eksantrik daire arasındaki eğimdir (i_1). Demek oluyor ki gezegenlerin eksantrik daireleri ekliptiğe ve episiklleri de eksantrik daireye eğimlidir. Episiklin bu eğimi hareketlidir. İç gezegenlerde, yani Venüs ve Merkür’de ise üçüncü bir eğim vardır. Bu gezegenlerin episikllarının ortalama apojeleri, ortalama perijelere eğimlidir. Bu eğim, episiklin çapının eğimi (i_2) veya sallanmasıdır. Episiklin C merkezi eksantrik dairenin apoje ve perijesinde olduğunda bu eğim ya da sallanma maksimumdur.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Hamm, University of Toronto 2011, s. 125,126.

¹⁰⁵ Hamm, s. 126.

¹⁰⁶ Ptolemaios, İstanbul 2015?, s. 678.



Enlemsel Hareketler

“Üç gezegen, Satürn, Jüpiter ve Mars durumunda; bunların boylamsal geçişleri eksantrik dairenin apojesine yakın olduğunda, bunların her zaman ekliptiğin en uzak kuzeyinde ve episiklın perijelerindeki geçişlerde apojerindeki geçişlerden daha kuzeyde, ama boylamsal geçişleri eksantrik dairenin perijesinde olduğunda, bunun tersine ekliptikten daha güneyde göründüklerini gözlemledik. Satürn ve Jüpiter’in durumunda, eksantrik dairenin en kuzey sınırlarının, Terazi’nin on ikide birinin başlangıcında, ancak Mars durumunda, Yengeç’in sonuna yakın ve neredeyse apojesinde olduklarını gözlemledik. Bu yüzden bunlardan, eksantrik dairelerin ekliptiğin bu kısımlarındaki noktaları kuzeye doğru eğimli oldukları, ancak tamamen karşılarındaki noktaların da eşit düzeyde kuzeye eğimli ve episiklın perijelerinin her zaman için eksantrik daireler yönünde eğimli oldukları, apojerilerinden geçene dik açılardaki çapların her zaman için ekliptik düzlemine paralel kaldıkları sonucuna ulaştık.”¹⁰⁷

“Venüs ve Merkür’ün bunların boylamsal geçişleri, eksantrik dairenin apojerilerinde veya perijelerinde olduğunda, episiklın perijelerindeki hareketlerin enlemsel olarak

¹⁰⁷ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 426.

apojelerdekilerden farklı olmadığını, ancak ekliptiğin ya kuzeyinde ya da güneyinde; Venüs durumunda her zaman kuzeyde ve Merkür durumunda tersine her zaman güneyde olduğunu gözlemledik.”¹⁰⁸

“Ancak en büyük uzanımlardaki geçişler birbirinden (yani, batıdaki doğudakinden) ve episiklın apojelerindekilerden ve perijelerindekilerden (yani, eksantrik daireye göre fark) en fazla olurken, en büyük doğu ve akşam uzanımı, Venüs durumunda, eksantrik dairenin apojesinde kuzeyde ve perijesinde güneyde ve Merkür durumunda, tersine, apojede kuzeyde ve perijede güneydedir. Ama doğru olarak belirlenmiş boylama ait geçişleri düğüm noktalarında olduğunda, o zaman her episikl üzerinde apojelerden veya perijelerden çeyrek dairelik mesafelerin her ikisi de ekliptik düzleminindedir ve perijelerdeki geçişler en çok apojelerdeki geçişlerden farklılık gösterir. Venüs durumunda; çıkarılan yarım daire üzerindeki düğümler için eğim güneye ve tersi için kuzeye doğrudur. Ama Merkür durumunda; yine tam tersine, eksiltelen yarım dairedeki düğüm için kuzeye ve tersi için güneye doğrudur. Bu yüzden bundan, eksantrik dairelerin eğimlerini hareket ettirdikleri ve dönüşlerini, episikllar düğümlerde olduklarında ekliptik ile aynı düzlemde oldukları için, episiklların periyotları ile yaptıkları; ve apojeler veya perijeler civarında olduğunda, Venüs durumunda, episikli en uzak kuzey noktasına ve Merkür durumunda, en uzak güney noktasına taşıdıkları sonucunu çıkardık. İki episiklın, farkları, görünen apojelerden geçen çaplarını, en çok eksantrik dairenin düğümlerinde eğimlendirerek ve bunlara dik çapları, en çok eksantrik dairenin perijelerinde ve apojelerinde meyillendirerek (bu eğimi bu isimle ayırt edelim) gerçekleştirdikleri, böylece tam tersi yönde ilk çapları eksantrik dairenin düzleminde apojelerine ve perijelerine ve ikincileri ekliptik düzleminde düğümlere taşıdığı sonucuna ulaştık.”¹⁰⁹

“Üç gezegen durumunda, bu ilk çaplara dik olan çaplar, söylediğimiz gibi, her zaman ekliptik düzlemine paralel kalırlar veya ona dikkate değer olmayan bir eğime sahiptirler.

¹⁰⁸ Ptolemaios, s. 426, 427.

¹⁰⁹ Ptolemaios, s. 427.

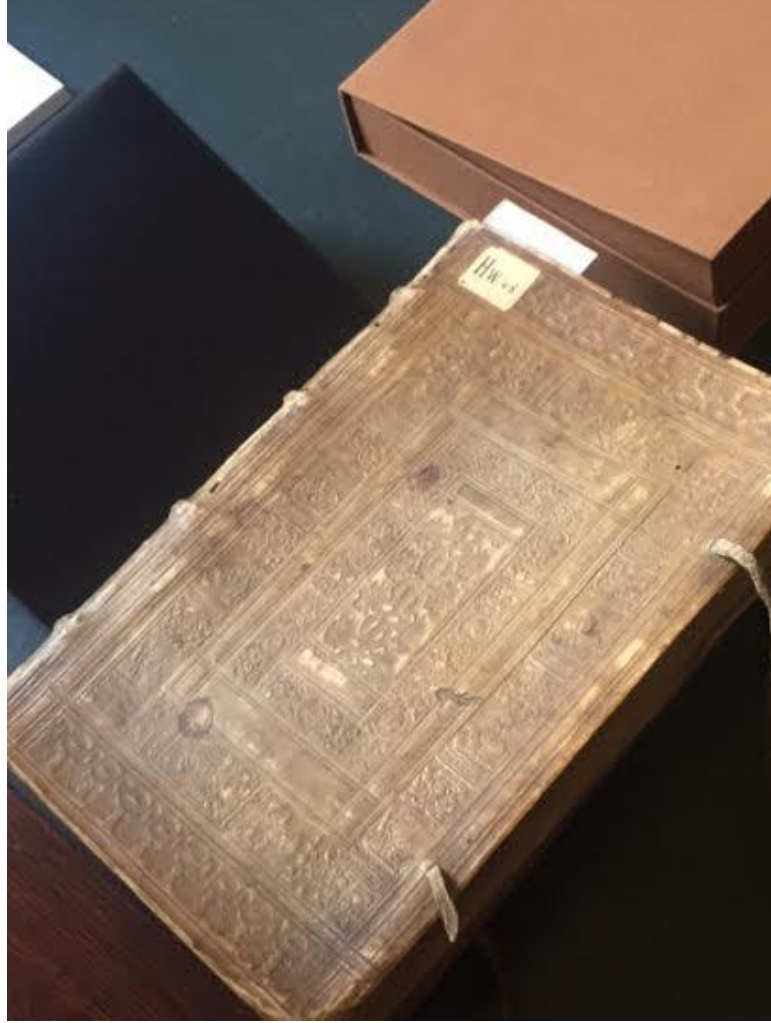
Ancak Merkür ve Venüs durumunda, ekliptik düzleminde yine bir noktadan başlayarak, yanlarında, mesela doğu sınırlarında sabit küçük daireler tarafından, yine boyut açısından enlemsel sapma ile orantılı ve ekliptik düzlemine dik olarak ve merkezleri ekliptik düzlemine paralel çaplar üzerinde olacak şekilde taşınırlar. Bu küçük daireler, bu çapların doğudaki uzantılarını öncekiyle aynı düzen içinde taşıyarak, düzlemlerin ve episiklların bir kesişiminden, yine (diyelim ki) kuzeye doğru diğerleri ile aynı hızda dönerler. Yine bu gezegenler için, benzer döngünün başlangıcı ve geri dönüşü, Venüs için eklenen yarım dairedeki düğümünden ve Merkür için çıkarılan yarım dairedeki düğümünden itibaren belirlenmiştir.”¹¹⁰

Bu modellerin genel sonucu, beş gezegenin eksantrik dairelerinin episikllık merkezi etrafında ekliptik düzlemine eğimli olduklarıdır. Üç gezegen, Satürn, Jüpiter ve Mars durumunda hareket olmaksızın, episiklların tam karşıt geçişleri, karşıt enlemsel yönlerde, ama Venüs ve Merkür durumunda, aynı enleme doğru episikllarla birlikte eş zamanlı olarak değişerek, Venüs için her zaman kuzeye doğru ve Merkür için her zaman güneye doğru taşınır. Episiklların görünen apojelerinden geçen bu çaplarının, eksantrik daire düzleminde bir yerde başlayıp, perijesel sınırların yanında duran küçük daireler tarafından, boyut olarak enlemsel sapmayla orantılı ve eksantrik dairelerin düzlemlerine dik olarak ve merkezleri bunların üzerinde olarak, yanlarında taşınır. Bu küçük daireler düzenli olarak ve düzlemlerin episikllarla yaptıkları bir kesişimden başlayarak boylamsal geçişlerle uyum içinde dönerler. ¹¹¹

¹¹⁰ Ptolemaios, s. 428.

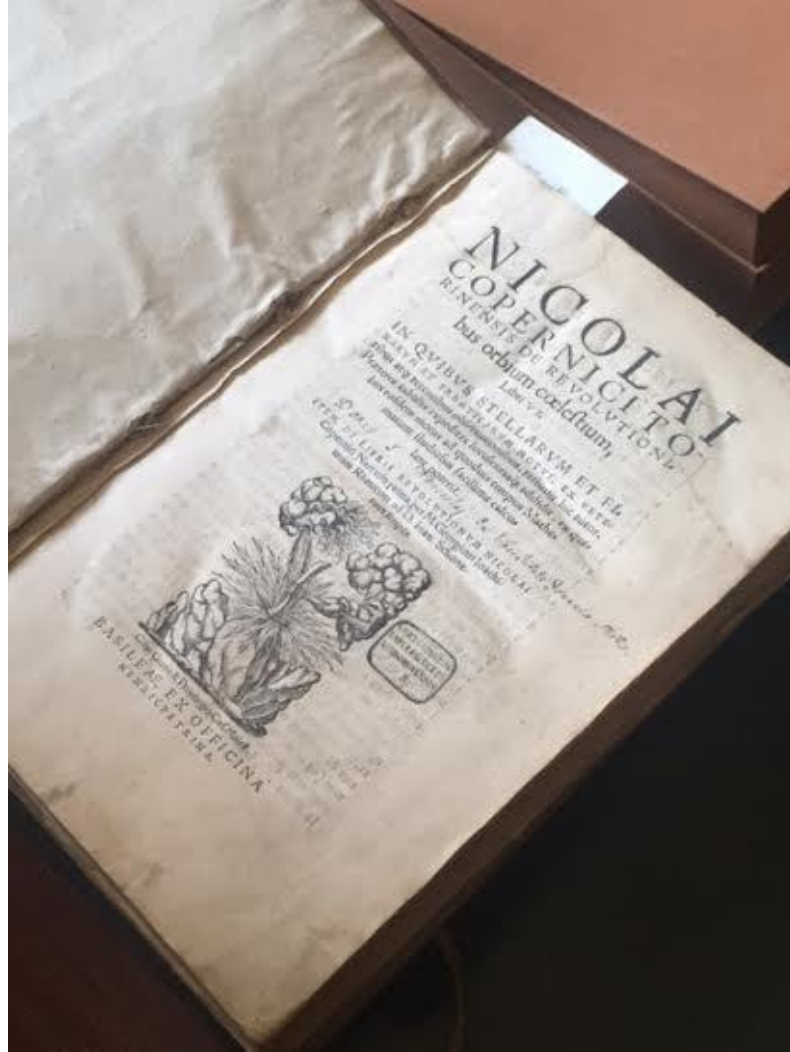
¹¹¹ Ptolemaios, s. 428, 429.

İKİNCİ BÖLÜM
GÖKSEL KÜRELERİN DEVİNİMLERİ ÜZERİNE



112

¹¹² Nicolaus Copernicus, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*, Nürnberg, 1543. Viyana Üniversitesi, Astronomi Enstitüsü Kütüphanesi.



113

¹¹³ Nicolaus Copernicus, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*, Nürnberg, 1543. Viyana Üniversitesi, Astronomi Enstitüsü Kütüphanesi.

2.1. Güneş

Kopernik, Güneş'in hareketini açıklamadan önce, bahsedilmesi gereken ilk konunun yılın süre olarak uzunluğu olduğunu söyler. Sabit yıldızlardan elde edilen yılın uzunluğunun, ekinokslardan ya da tropiklerden hesap edilen yıla eşit olmayıp, daha uzun olduğunu belirtir ve bunu ilk defa Hiparkos'un fark ettiğini vurgular.¹¹⁴

Ekliptiğin eğiminin, Ptolemaios'un bildirdiği kadar büyük olmadığını söyleyen Kopernik, bu durumu açıklayabilmek için, kendinden öncekilerin kürelerin sayılarını arttırdıklarından bahseder ve Dünya'ya hareket verildiğinde kürelerin sayılarını arttırmanın gereksizleştiğine değinir.

Yıllık yükselime ve yeryüzünün merkezine özgü, eşit olmayan iki devinim vardır. Yükselimin eski durumuna dönmesi merkeze özgü periyodu az da olsa tahmin etmemizi sağlayabilir, bu ekinoksların vaktinden evvel gelmesini gerektirir. Sabit yıldızlar küresi doğu yönünde hareket etmez. Ekvator, yerküre ekseninin sapması oranında ekliptik düzlemine eğik bir şekilde meylettiğinden, batı yönünde hareket etmiş olur. Yıllık dönüş boyunca Güneş ile Dünya arasındaki mesafeyle belirlenen ekliptik, Dünya'nın, eksenini etrafındaki günlük dönüşüyle belirlenen ekvatorun çok daha büyüktür. Bu sayede yıldızlar geride kalmış görünürken, zamanın geçmesiyle birlikte ekvatorun ve eğik ekliptiğin ortak kesitlerinin ilerlediği görülür.¹¹⁵

Kopernik'e göre bu hareketin ölçüsünün düzensizliğinin oranının eskiler tarafından bilinmemesinin sebebi çok yavaş olmasıydı. Bunları belirttikten sonra

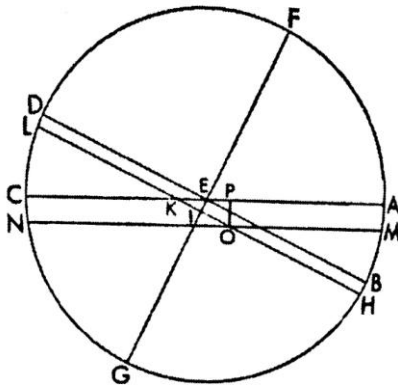
¹¹⁴ Nicolaus Copernicus, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*, Çev.: Cengiz Çevik, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul 2010, s. 209.

¹¹⁵ Copernicus, İstanbul 2010, s. 210, 211.

Kopernik, ekinoksların ve tropiklerin düzensiz devinimini onaylayan birkaç eski gözlemi ve kendi yaptığı gözlemi vererek, bunları şekil üzerinde açıklar.

“Buna göre Büyük İskender’in ölümünün 30. yılında, Calippusçu 76 yıllık ilk periyodun 36. yılında, sabit yıldızların konumlarını inceleyen ilk kişi olan İskenderiyeli Timokhares, Başak takımyıldızında yer alan Başakçı’nın 2° güney enleminde ve yaz gündönümü noktasından $81 \frac{1}{3}^{\circ}$ ’lik açisal uzanımına sahip olduğunu; üç yıldızdan en kuzeyde bulunan Akrep’in altında ve burç dizilimi sisteminde ilk sırada yer alan yıldızın $1 \frac{1}{3}^{\circ}$ enlemde ve sonbahar gündönümünden itibaren 32° boylamında yer aldığını kaydetmişti. Aynı periyodun 48. yılında ise Başakçı’nın, yaz gündönümünden itibaren $82,5^{\circ}$ boylamında olduğunu, ancak aynı enlemde seyrettiğini bulmuştu.”¹¹⁶

“Hristiyan (İsa) takvimine göre 1525 yılında, Roma takvimine göre artık yıldan sonraki yılda ve Mısır takvimine göre İskender’in ölümünden sonra 1849’da, Prusya’da ki Frauenburg’da adı geçen Başakçı’nın gözlemini gerçekleştirdik. Buna göre yıldızın meridyen dairesindeki en büyük yüksekliğinin yaklaşık 27° olduğunu gördük. Frauenburg’un enlemi de $54^{\circ} 19,5'$ ’ydi. Buna bağlı olarak ekvatorun eğimi de $8^{\circ} 40'$ kadardı.”¹¹⁷



ABCD ekliptiğin ve ekvatorun kutuplarından geçen bir meridyen dairesi olsun. AEC, ekvatorla birlikte çap ve ortak kesit ve BED de ekliptikle birlikte çap ve ortak kesit olsun. F, ekliptiğin kuzey kutbu ve FEG de eksenini ve B, Oğlak’ın, D de Yengeç’in başlangıcı olsun. Yıldızın güney enlemine denk gelen BH yayı 2° olur. H noktasından BD’ye paralel olarak HL

¹¹⁶ Copernicus, s. 211, 212.

¹¹⁷ Copernicus, s. 213.

çizilsin ve HL, I noktasında ekliptiğin eksenini, K noktasında ekvatoru kessin. MA yayı yıldızın güney yükseliminden dolayı $8^{\circ} 40'$ eşittir. M noktasından AC'ye paralel olarak MN çizilsin. MN, ekliptiğe paralel HIL'yi kessin ve MN, HIL'yi O noktasında kessin. OP çizgisi, MN ve AC'ye dik olarak çizilirse, AM'nin iki katını ayıran kirişin yarısı OP'ye eşit olur. FG, HL ve MN'nin çaplarını içeren daireler ABCD düzlemine diktir. Ortak kesitler O ve I noktalarında aynı düzleme diktir, böylece ortak kesitler birbirlerine paraleldir. I, çapı HL olan dairenin merkeziyse, OI çizgisi, HL çaplı dairedeki bir yayın iki katını ayıran kirişin yarısına eşit olur. Buradaki yay, Terazi'nin başlangıcından itibaren yıldızın boylamını ölçen yaya benzer olup aranılan yaydır. Dış açı, iç açıyla ters açığa eşittir, bu sebeple AEB açısı, OKP açısına eşittir. OKP açısı = 90° dir. OPK'ye benzer üçgenleri temsil ettikleri için, OP'nin OK'ye oranı, AB'nin iki katını ayıran kirişin yarısının HIK'ye oranına eşittir.¹¹⁸

Buna göre, AB yayı = $23^{\circ} 28' 30''$, BE = 100 birim, AB'nin iki katını ayıran kirişin yarısı = 39.832 birim, ABH yayı = $25^{\circ} 28' 30''$, ABH'nin iki katını ayıran kirişin yarısı = 43.011 birim, yükselime denk gelen MA yayı = $8^{\circ} 40'$, MA'nın iki katını ayıran kirişin yarısı = 15.069 birimdir. Dolayısıyla HIK = 107.978 birim, OK = 37.831 birim, HIK – OK = HO = 70.147 birim, kiriş HOI = Kiriş HGL/2, HGL yayı = 176° , BE = 100.000 birim, HOI = 99.939 birimdir. Çıkartma işlemiyle, HOI – HO = 29.792 birimdir. Yarıçap HOI = 100.000 ise, OI = 29.810 birim = $17^{\circ} 21''$ lik yayın iki katını ayıran kirişin yarısına eşit olur. Bu uzaklık ise Terazi'nin başlangıcından itibaren Başak'taki Başakçı'nın uzaklığıdır. Yıldızın konumu da burasıdır. 1515 yılında bu yıldızın yükselimini $8^{\circ} 36'$ ve konumu Terazi'nin başlangıcından $17^{\circ} 14'$

¹¹⁸ Copernicus, s. 213, 214.

uzaklıkta bulan Kopernik'e göre, Ptolemaios, bu yıldızın sadece 0,5°'lik bir yükseliminin olduğunu kaydetmişti. Buna göre konumu Başak'ta 26° 40'ydı. Toplamı 4 1/3°'ye varan devinme miktarıyla zamanın arasında sabit bir oran kurulursa, Timochares'ten¹¹⁹ Ptolemaios'a kadarki neredeyse 432 yıllık zaman diliminin tümünde, ekinokslar ve tropikler 100 yılda 1°'lik devinmeyle hareket etmiştir.¹²⁰

Eskilerin yaptığı gözlemlere bakan ve kendisi de gözlemler yapan ve bunların sonuçlarını değerlendiren Kopernik, ekinoksların devinmesini Ptolemaios'tan önceki 400 yıl boyunca, Ptolemaios ile Albategius¹²¹ arasındaki zaman diliminde olduğundan daha yavaş, bu ara dönemdeyse Albategius'tan kendi gününe kadarki süreden daha hızlı gerçekleştiğini söylemiştir. Ayrıca Kopernik'e göre, eğimin hareketiyle ilgili olarak da bir uyuşmazlık söz konusudur. Çünkü Somoslu Aristarchos, Ptolemaios gibi, ekvatorla ekliptiğin eğimini 23° 51' 20", Albategius 23° 35', 190 yıl sonra İspanyol Arzachel¹²² 23° 34', yine 230 yıl sonra Yahudi Prophatius¹²³ yaklaşık 2' daha küçük olarak bulmuştu. Kopernik'in zamanında ise aynı eğim 23° 28 1/2'den daha büyük bulunmamıştır. Demek oluyor ki, bu hareket, Aristarchus'un zamanından Ptolemaios'un zamanına kadar en yavaş, Ptolemaios'un zamanından Albategius'un zamanına kadar da en hızlıdır.¹²⁴ Kopernik'e göre, tropikler ve ekinoksların düzensiz bir hareketle değişmesi, Dünya'nın hareket etmesinin önemli bir kanıtıdır.

¹¹⁹ İskenderiyeli Timochares (MÖ 320 – 260): Euclides ile Calippus'un çağdaşı Yunan filozof ve astronom.

¹²⁰ Copernicus, s. 215.

¹²¹ Albategius: Machometus Arcensis'in diğer Latince adı.

¹²² Arzachel (1028 – 1087): Matematikçi ve astronom Ebu İshak İbrahim bin Yahya ez- Zerkali'nin Latince adı.

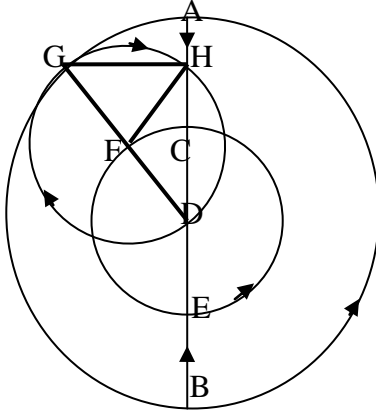
¹²³ Prophaticus (1236 – 1304): Jacob ben Machir ibn Tibbon'un Latince adı.

¹²⁴ Copernicus, s. 215, 216.

“O halde buradan anlaşılıyor ki; gündönümleri ve ekinokslar düzensiz bir hareketle değişmektedir. Bunun Dünya’nın hareket ettiği hipotezinden geldiği görülmektedir; zira sabit yıldızların durağan enlemlerinin de kanıtlandığı gibi, ekvator hareket ederken ekliptiğin daimi olarak hareketsiz kaldığı açıktır. Dünya’nın ekseninin hareketi merkezin hareketine oranla basit ve kesin olsaydı, ekinokslara ve gündönümlerine ait hiçbir devinme olmazdı; oysa bu hareket değişken bir farkla birbirinden ayrıldığından, gündönümü ve ekinoksların düzensiz bir hareketle yıldızların konumlarının önüne geçmesi gerekir (...) Ekliptiğin eğimini düzensiz bir şekilde değiştiren yükselimin hareketi konusunda da aynı durum geçerlidir. Bu nedenle tıpkı terazini kefeleri gibi tümüyle kutuplara ait iki karşıt hareket olduğu anlaşılmalıdır; zira kutuplar ve daireler bir kürede karşılıklı olarak uyum içinde bulunmaktadır. Bu yüzden kesit açısıyla orantılı olarak kutupların aşağı ve yukarı taşındığı, bu dairelerin eğimini değiştiren bir hareket söz konusudur. Bunun yanında farklı noktalarda yer alan bir akımla gündönümüne ve ekinokslara ait devinmeleri değişimli olarak artıran ve azaltan başka bir hareket daha vardır. Bu hareketlere sallantılar diyoruz; zira bunlar iki uç arasında aynı yönde sallanan cisimler gibi, ortada daha hızlı, uçlarda ise oldukça yavaştır (...) Bu tarz hareketler gezegenlerin enlemleriyle bağlantılı olarak çok sık gerçekleşmektedir. Kendi periyotlarında da farklılık gösterirler; zira eğim bir kez eski konumuna gelirken ekinoksların düzensiz hareketi iki kez eski konumuna ulaşır. Fakat her görünür düzensiz harekette, kendisi sayesinde düzensizliğin düzeyinin ölçülebileceği kesin bir ortalamanın da görülmesi; bunun için de ortalama kutupların, ortalama ekvatorun, ortalama ekinoksların ve ortalama gündönümü noktalarının dikkate alınması gerekir. Kutuplar ve yeryüzü ekvatoru, bu ortalama kutuplardan uzakta, karşıt yönlerde döndürüldüğünden; her ne kadar sabit sınırlar içeriyorsa da bu, düzenli hareketlerin düzensiz olarak görülmesini sağlar. Ve birbiriyle çelişen bu iki sallantı, Dünya’nın kutuplarının, düz çizgileri zaman içinde kıvrımlı ve küçük çelenklere benzer bir şekilde çizmesini sağlar.”¹²⁵

¹²⁵ Copernicus, s. 216, 217.

Göksel hareketlerin bir bileşimi olduğunu söyleyen Kopernik'in sonraki sorusu, bu salınımlardaki düzenliliğin nasıl anlaşılacağıdır. Çünkü düzenli hareketler yoluyla ortaya çıkan ikiz hareketler söz konudur ve bu durumun açıklanması gerekir.



Bir AB düz çizgisi olsun ve C, D ve E noktalarında dört eşit parçaya ayrılınsın. Aynı düzlemde D'nin etrafında eş merkezli ADB ve CDE daireleri çizilsin. Aynı ADB ve CDE düzleminde içteki dairenin çevresi üzerinde, bir F noktası alınsın ve merkezi F, yarıçapı FD olan bir GHD dairesi çizilsin ve bu AB düz çizgisini H noktasında kessin ve DFG çapı çizilsin.

GHD ve CFE dairelerinin ikiz hareketleri birbirlerine çatıştığında hareketli H noktası, karşıt bir hareketle aynı AB düz çizgisi boyunca ileri ve geri gider. Bu, H'nin F'ye göre farklı bir yönde, iki katı mesafede hareket etmesi demektir. Çünkü CFE dairesinin merkezinde ve GHD dairesinin yayında yer alan aynı CDF açısı, eşit dairelerin her iki yayını da, yani FC ve onun iki katı kadar olan GH'yi kapsar. ACD ve DFG düz çizgilerinin kesiştiği anda hareket eden H noktası, daha sonra A ile çakışacak olan G'de ve F de C'de olacaktır. Bu durumda F merkezi, CF boyunca sağa doğru ve H de yayın etrafında CF'nin iki katı kadar mesafede sola doğru ya da tam tersi yönde hareket eder. Buna göre H, AB çizgisi boyunca döndürülmüş olur. Aksi halde, parça bütünden daha büyük olur. Ancak H, katlanmış DFH çizgisiyle ortaya çıkan AH uzunluğu boyunca AD'ye eşit bir mesafeye ilk konumundan uzaklaşır ve DFG çapı da DH girişini aşacak ölçüde ilerlemiş olur. Böylece H, GD ve AB'ye dik olduğunda, yani AB düz çizgisi DHG dairesine teğet olunca D merkezine vardırılmış olacak ve daha sonra H, B'de bir diğer sınıra ulaşacak ve yine

aynı mantıkla bu konumdan geriye hareket edecektir. Dolayısıyla, düz bir çizgi boyunca hareketin, birbiriyle çekişen iki dairesel hareketin oluştuğu, karşılıklı ve düzensiz bir hareketin de aslında düzenli hareketlerden meydana geldiği anlaşılacaktır. Buradan hareketle GH düz çizgisi her daim AB'ye dik olacaktır, çünkü yarım daire içindeki DH ve HG çizgileri de her zaman bir dik açı oluşturacaktır. Buna göre GH, AG'nin iki katını ayıran kirişin yarısına ve DH de 90°nin AG'den farkının iki katını ayıran kirişin yarısına eşittir. Çünkü AGB dairesi, HGD dairesinin çapının iki katına sahiptir.¹²⁶

Ekinoksların ve tropiklerin, Dünya'nın ekseninin eğiminden kaynaklanan devinmesiyle ilgili olan bu yöntem, Kopernik'e göre, aynı zamanda Güneş'in görünümünü de etkilediği için, Dünya'nın merkezinin yıllık hareketiyle doğrulanacaktır. Bu, bir yılın büyüklüğünün, ekinokslardan ya da tropiklerden birine bakıldığında bitiş noktasının düzensiz değişiminden ötürü farklı bulunması anlamına geldiğinden dolayı, bunlar karşılıklı olarak birbirini tamamlamaktadır. Bundan dolayı mevsim yılı yıldız yılından farklı tanımlanır. Bir yılın dört mevsimde tamamlananına doğal yıl ve devinimleri sabit yıldızlardan birine göre belirlenenine de yıldız yılı denir.¹²⁷ Bu tanımları verdikten sonra Kopernik, eskilerin dönen yıl da dediği doğal yılın düzensiz olduğunu göstermiş ve düzensizliğin nedenlerinden bahsetmiştir.

“(…) O halde Machometus Arcensis¹²⁸ ile bizim aramızdaki 633 yıl boyunca 4 gün 23,75 saatlik ya da 128 yıl başına 1 günlük; Ptolemaios'tan sonraki 1376 yıl boyunca da yaklaşık olarak 12 günlük, yani 115 yıl başına 1 günlük fark vardır ve yıl her iki tarafta da yine düzensiz olur. Dahası İsa'dan sonra 1516 yılında, Mart'ın 15'inden önceki 5.

¹²⁶ Copernicus, s. 220, 221.

¹²⁷ Copernicus, s. 248.

¹²⁸ Machometus Arcensis (858-929): İslam filozofu ve astronomu, Harranlı Abu Abdallah Muhammed ibn Jabir ibn Sinan ar- Raqqi al-Harranî yani Al Battanî'dir.

günün gece yarısından sonraki 4,3. saatte beliren ilkbahar ekinoksundan itibaren – İskenderiye meridyeninin bizimkine uyarlanmış haliyle- 1376 Mısır yılı 332 gün 16,3 saat fark vardı ki buradan da anlaşılacağı gibi ilkbahar ve sonbahar ekinoksları arasındaki farklar da düzensizdir. Ve bu yüzden bu şekilde hesaplanan Güneş yılının düzenli olması gerektiği de fazlasıyla önem arz eder. (...) O halde Güneş yılının karşılığı, ilk defa Thebites Chorae filius'un (Sabit ibn Kurra)¹²⁹ bulduğu gibi, sabit yıldızlar küresinden daha doğru bir şekilde hesaplanır; buna uygun olarak yılın uzunluğu da, öğrenilen yılın, ekinokslara ve gündönümlerine nispetle yavaş geçişte, hızlı geçişte olduğundan daha yavaş olacağına dair akla yatkın kanıta göre, yaklaşık olarak 6 saat 9 dakika 12 saniyeye denk gelen, 365 gün 15 dakika 23 saniyedir; sabit yıldızlar küresine göre bir eşitlik söz konusu olmasaydı, bu durum böyle sonuçlanmazdı (...)¹³⁰

Kopernik böylece, düzensizliğin görünümüne dair dört neden belirlemiştir: Birincisi, ekinoksların düzensiz devinmesidir. İkincisi hemen hemen yıllık olarak görülen Güneş'in ekliptik üzerinde eşit olmayan yayları geçmesidir. Üçüncüsü, ikincide bahsedilen farklılığın değişimidir. Dördüncüsü, Dünya'nın merkezinin en yüksekteki ve en alçaktaki apsitlelerini, bir gezegenin Güneş'ten en büyük ve en küçük boylamsal mesafedeki konumları, değiştirmesidir. İkinci maddenin Ptolamaïos tarafından da bilindiğini söyleyen Kopernik'e göre, bu kendi başına yılın düzensizliğini ortaya koyarsa da diğerlerini de içerir.¹³¹

“(...) Yılım uzunluğu, 6 saat 9 dakika 40 saniyeye denk gelen 365 gün 15 dakika 24 saniye 10 salise olmalıdır. Bir dairenin 360 derecesini 365 güne bölüp toplamı 365 gün 15 dakika 24 saniye 10 saliseye bölersek bir Mısır yılının hareketi $359^{\circ} 44' 49'' 7''' 4''''$ olarak bulunur ve tüm devirleri saymadan aynı 60 yıl içinde hareket $344^{\circ} 49' 7'' 4'''$ olur.

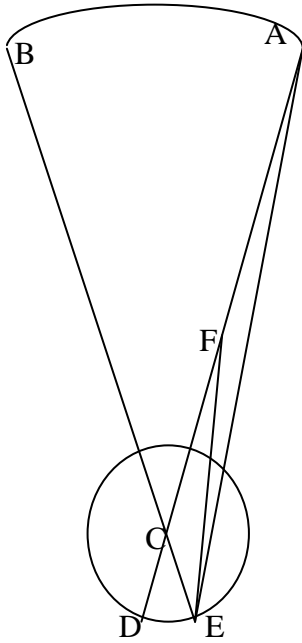
¹²⁹ Thebites Chorae filius (826 – 901): Arap matematikçi Thabit ibn Qurra abu'l'Hasan ibn Marwan al-Sabi al'Harrani'nin Latince adı.

¹³⁰ Copernicus, s. 248, 249, 250, 251, 252, 253.

¹³¹ Copernicus, s. 251, 252, 253.

Yine yıllık hareketi 365 güne bölersek, 59' 8" 11''' 22'''''lık günlük hareketi elde ederiz. Fakat bunlara ekinoksların ortalama ve düzenli devinmesini eklersek 359° 44' 39" 19''' 9'''''lık mevsim yıllarındaki yıllık düzenli hareketi 59' 8" 19''' 37'''''lık günlük hareketle birleştirmiş olacağız.¹³²

Böylece Kopernik, genel bir açıklama olması açısından Güneş'in ilk hareketine düzenli ve basit, ikinci hareketineyse düzenli ve bileşik hareket diyerek, Güneş'in ayrıklığındaki düzenli hareketi de bunlara eklemiştir.¹³³



Kopernik, Güneş'in görünen düzenli hareketine dair daha iyi bir tespit yapabilmek için evrende merkez noktayı tutan Güneş'le, onu merkez kabul edip etrafında dönen Dünya'ya dair kanıtlar vermiştir. Buna göre, Dünya ile Güneş arasında sabit yıldızlar küresinin enginliğiyle kavranamayacak bir uzaklık varsa, bu durumda Güneş'in, aynı küredeki bir noktaya ya da yıldızla göre düzenli bir harekete sahip olduğu görülecektir demiş ve bunu şekil üzerinde açıklamıştır. Bunun için AB, ekliptik düzleminde evrendeki en büyük daire olsun. C de Güneş'in yerleştirileceği merkez noktası olsun. Ve buna uygun olarak CD de evrenin engin derinliğiyle karşılaştırıldığında, Güneş ile Dünya arasındaki mesafe olsun. Dünyanın merkezinin yıllık deviniminin yer alacağı CDE dairesi de ekliptiğin aynı düzleminde çizilsin. Kopernik'e göre, AB üzerinde alınacak bir noktaya veya yıldızla

¹³² Copernicus, s. 253.

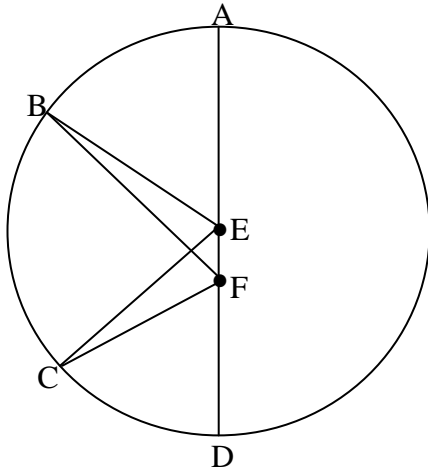
¹³³ Copernicus, s. 253.

göre Güneş'in düzenli bir harekete sahip olduğu görülecektir. A noktası alınsın ve D'de yer alan Dünya'dan Güneş'in görünümü, ona doğru DCA olarak uzatılsın.¹³⁴

Dünya, DE yayı boyunca bir yere doğru hareket ettirilsin ve AE ile DE, Dünya'nın konumu olan E'den çizilsin. Buna göre Güneş, E'den B noktasında görünecektir. AC, CD ya da eşiti olan CE ile karşılaştırıldığında uçsuz bucaksızdır. AE de CE ile karşılaştırıldığında uçsuz bucaksız olacaktır. Bunun için AC'de bir nokta F olarak alınsın ve EF'ye eklensin. Tabanın C ve E uçlarından çizilen iki düz çizgi A noktasında EFC üçgeninin dışına indiği için, FAE açısı EFC açısından küçük olur. Uçsuz bucaksızlığa uzanan düz çizgilerin oluşturacağı CAE açısı en sonunda algılanamayacak ölçüde dar olacağından, CAE açısı, AEC açısının BCA açısından farkına eşittir. Aralarındaki farkın belirsizliğinden ötürü BCA ile AEC açısı eşit ve AC ile AE kenarları paralel görünür. Güneş'in merkez noktası olan E'nin etrafında dönüyormuşçasına, sabit yıldızlar küresindeki bir noktaya göre düzenli bir hareketi varmış gibi görünür. Fakat düzensiz hareketi böylece gösterilmiş olur. Çünkü Dünya'nın merkezinin yıllık devinimdeki hareketi tümüyle Güneş'in merkezinin etrafında gerçekleşmez. Bu, ya Güneş'in merkezi olamayan eksantrik bir daire üzerinden ya da eş merkezli dairedeki bir episikl üzerinden anlaşılabilir. Şimdi bu yolla eksantrik daire üzerinden konu açıklanmış olur.¹³⁵

¹³⁴ Copernicus, s. 260.

¹³⁵ Copernicus, s. 260, 261.



ABCD, ekliptik düzleminde eksantrik bir daire olsun ve onun merkezi E, evrenin ya da Güneş'in merkezinden uzakta yer alsın. Evrenin merkezi F, ABCD dairesinin çapı da her iki merkezden geçen AEFD olsun. En yüksek apsis, Dünya'nın merkezine en uzak noktadaki yeröte A'da, Dünya'nın merkezine en yakın noktada, en

alçaktaki apsis olan yerberi de D'de olsun. Dünya, düzenli olarak kendi ABCD yörüngesinde, E merkezinin etrafında döndürülünce, F'nin etrafında düzensiz bir hareket olduğu da ortaya çıkacaktır. Bunun için AB yayı, CD yayına eşit olsun ve BE, CE, BF ve CF düz çizgileri çizilsin. Bu durumda AEB açısı, CED açısına eşittir, çünkü AEB ile CED açıları E merkezinin etrafında eşit yayları görür. CFD, görüş açıdır ve CFD dış açısı, CED iç açısından büyüktür, fakat AEB açısı, CED açısına eşittir. CFD açısı, AEB açısından büyüktür. Fakat AEB dış açısı, AFB iç açısından büyüktür. CFD açısı da AFB açısından büyüktür. Fakat eşit süreler hem CFD hem de AFB açısını ortaya çıkarır. Çünkü AB yayı, CD yayına eşittir. Bu yüzden hareket E civarında düzenli, F civarında düzensiz görünecektir. Aynı durumu daha basit bir şekilde göstermek de mümkündür. Çünkü AB yayı, CD yayına göre F noktasından daha uzaktır. Buna göre, AB yayını kesen AF ve BF çizgileri, CD yayını kesen CF ile DF çizgilerinden daha uzundur ve eşit büyüklükler daha yakındayken uzaktakinden daha büyük görünür. Aynı durum, eş merkezli bir dairede bir episikl vasıtasıyla da açıklanabilir.¹³⁶

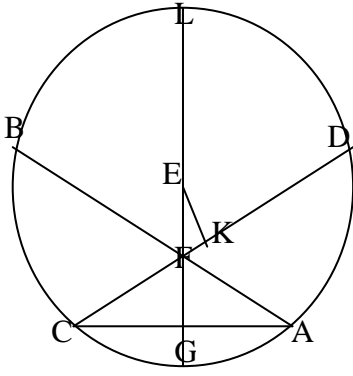
¹³⁶ Copernicus, s. 261, 262.

Ptolemaios, Güneş için geçerli olduğunu düşündüğü, apsitlerin basit düzensizliğini, kesinliğini ve değişmez konumlarını incelerken eksantrik modelin yeterli olduğu sonucuna varmıştı. Ancak beş gezegen ve Ay'la ilgili olarak episiklları taşıyan eş merkezli dairelere başvurmuştu. Kopernik'in ifadesine göre, Ptolemaios'ta olduğu gibi, düzenlilik ile görünüm arasındaki en büyük fark, episiklin söz konusu olduğu durumda gezegenin eksantrik dairedeki en yüksek apsit ile en alçak apsit arasındaki ortalama konumda onu taşıyan daireyle kesişim noktasında görülür.¹³⁷

Kopernik bu kanıtların sadece Güneş'in görünen hareketleri için değil, diğer gezegenlerin düzensizliği için de yararlı olduğunu düşündüğünden, Güneş ve Dünya'yla ilgili, Ptolemaios ve diğer eskiler tarafından kendisine ulaştırılan, daha sonra deneyimlerinin kendisine öğrettiği bütün verileri incelemiştir. Böylece, ekinokslarla karşılaştırıldığında gözlenmesi zor olmayan Güneş'in diğer kesin konumlarını, örneğin Boğa, Aslan, Akrep ve Kova takımyıldızlarındaki ortalama konumlarını da değerlendirmeye alarak, sonbahar ekinoksundan Akrep'in orta noktasına kadar 45 gün 16 dakika, ilkbahar ekinoksuna kadar ise 178 gün 53,5 dakika olduğunu bulmuştur. Bu durumda düzenli hareket, ilk aralık boyunca $44^{\circ} 37'$, ikinci aralık boyunca $176^{\circ} 19'$ olur.¹³⁸

¹³⁷ Copernicus, s. 266.

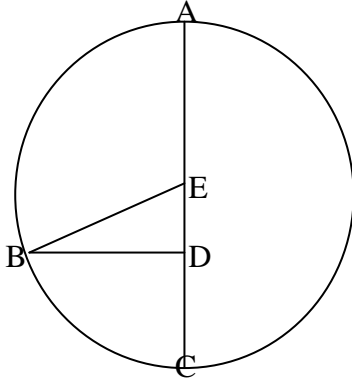
¹³⁸ Copernicus, s. 267, 268.



Bu bilgilere göre, ABCD dairesi çizilsin ve A, Güneş'in ilkbahar ekinoksunda görüldüğü nokta, B, sonbahar ekinoksunun görüldüğü nokta, C ise Akrep'in orta noktası olsun. Birbirini Güneş'in merkezi olan F'de kesen AB ile CD de eklensin ve AC yayı kirişle ayrılsın. Bu durumda CB yayı 44°

$37''$ ya eşit olduğundan, iki dik açı 360° iken, BAC açısı $44^{\circ} 37''$ ya eşittir. Dört dik açı 360° iken, BFC açısı 45° 'ye eşit olup, bu değer, görünen harekete aittir. Fakat 2 dik açı 360° iken BFC açısı 90° 'dir. ACD açısı, $45^{\circ} 23''$ ya eşittir. Çünkü AD yayı da $44^{\circ} 37''$ ya eşittir. Fakat ACB yayı, $176^{\circ} 19''$ ya, AC yayı, ACB yayının BC yayından farkına, yani $131^{\circ} 42''$ ya, CAD yayı da, AC yayı ile AD yayının toplamı olan $175^{\circ} 5''$ ya eşittir. ACB yayı, 180° 'den, CAD yayı da 180° 'den küçük olduğuna göre, dairenin merkezinin geriye kalan BD üzerinde konumlandırılacağı açıktır. Bu merkez E olsun, E üzerinden LEFG çapı çizilsin. L yeröte, G de yerberi olsun. EK, CFD'ye dik olarak çizilsin. Çap 200.000 birimken, AC 182.494 birime, CFD de 199.934 birime eşittir. Buna uygun olarak ACF, açılarıyla birlikte bulununca, kenarların oranı, doğrusal üçgenler sayesinde bulunacaktır. CF, 97.697 birim, AC de 182.494 birim olduğundan, FK, CD'nin yarısının CF'den farkına, o da 2000 birime eşittir. CAD yayının 180° 'den farkı da $2^{\circ} 55''$ ya eşittir, EFK üçgeninde dik açı oluşturan FK ve KE kenarları belirlenince, üçgenin kenarları ve açıları da bulunur. EL 10.000 birimken, EF 323 birimdir ve dört dik açı 360° iken EFK açısı, $51,6^{\circ}$ 'dir. Toplamıyla AFL açısı $96,6^{\circ}$ 'ye, yapılan çıkarmayla BFL açısı da $83,3^{\circ}$ 'ye eşit bulunur. Fakat EL 60° , EF de yaklaşık $1^{\circ} 56''$ 'dır. Bu Güneş'in, yörünge dairesinin merkezinden

uzaklığıdır ve bu şekilde yörünge dairesinin yarıçapının 1/31'i olur. Bu durumda yaz tropiğinin $24^{\circ} 30'$ batısında bulunan yeröte $6,6^{\circ}$ doğusunda yer almış olur.¹³⁹

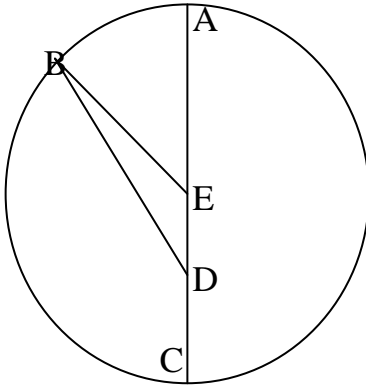


Kopernik, Güneş'in düzensiz hareketiyle ilgili olarak, ilk önce yıllık farkın anlaşılması gerektiğini düşünerek bunu şekil üzerinde açıklamıştır. Buna göre, merkezi E, çapı AEC olan bir ABC dairesi oluşturulsun, yeröte A'da, yerberi C'de, Güneş D'de olsun. Düzenli ve görünen hareketin arasındaki en büyük farkın konumunun, apsitletin görünen harekete

nazaran orta noktasında belirlediği içim BD, AEC'ye dik olarak çizilsin ve B noktasında çevreyi kessin ve BE de eklensin. Bu durumda BDE dik üçgeninin iki kenarı, yani dairenin yarıçapı olan BE ile Güneş'in merkezden uzaklığı olan DE verilince üçgen açıları belli olur. Düzenli hareketin BEA açısı ile görünen hareketin EDB dik açısı arasındaki fark olan DBE açısı bulunur. DE daha büyük ya da daha küçük olduğunda, üçgenin tüm niteliği değişecektir. *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de verilene göre, Ptolemaios'tan evvel B açısı $2^{\circ} 23'$, Mochometus Arcensis ve Arzachel zamanında $1^{\circ} 59'$, Kopernik zamanında ise $1^{\circ} 51''$ 'dir. Ptolemaios'a göre AEB açısıyla kesilen AB yayı $92^{\circ} 23'$, BC yayı $87^{\circ} 37''$ 'dir. Machometus Arcensis'e göre AB yayı $91^{\circ} 59'$, BC yayı $88^{\circ} 1''$ 'dir. Kopernik zamanında ise AB yayı $91^{\circ} 51'$, BC yayı $88^{\circ} 9''$ 'dir.¹⁴⁰

¹³⁹ Copernicus, s. 271, 272.

¹⁴⁰ Copernicus, s. 272, 273.



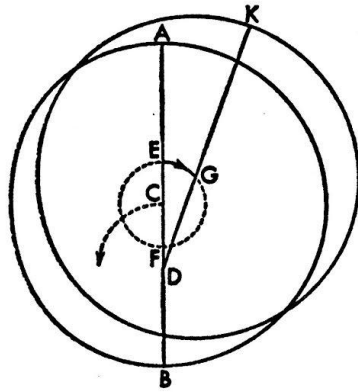
Bunun için şekildeki gibi bir AB yayı alınsın. AEB açısı, BED iç açısı ve BE ile ED kenarları verilsin. Doğrusal üçgen hesabıyla EBD açısı, eşitleme yani düzenli ve görünen hareket arasındaki fark olarak ortaya çıkacaktır. ED kenarının değişiminden ötürü tüm bu farklarında değişmesi gerekir.¹⁴¹

Apsitlerdeki değişimden kaynaklanan Güneş'teki ikinci ve ikili bir düzensizlikten bahseden Kopernik'e göre, Ptolemaios Güneş'in apsidinin sabit olduğunu düşünmüştü. Ancak başkaları sabit yıldızlar hareket halinde olduğu için Güneş'in de yıldızlı kürenin hareketini izlediğini düşünmüşler ve Güneş'teki ikinci ve ikili bir düzensizlikten bahsetmişlerdi. Arzachel bu hareketin aynı zamanda düzensiz ve geriye doğru olduğunu kabul etmişti. Machometus Arcensis, Ptolemaios'tan sonraki 740 yıl boyunca yaklaşık 17° ilerleyen yeröteyi, tropiğin batısında $7^\circ 44'$ olarak bulmuşsa da, 193 yıl sonra bu Arzachel'e, yaklaşık $4^\circ 30'$ geriye doğru hareket ediyor görünmüştü. Bu yüzden Arzachel, küçük bir dairedeki yıllık yörünge dairesinin merkezi sayesinde oluşmuş başka bir hareketin daha olduğunu düşünmüştü. Kopernik'in verilerine göre bu hareket, Ptolemaios'tan evvelki bir zamanda durma noktasına gelmişti, yaklaşık 740 yıl boyunca 17° 'lik zikzak çizmiş ve 200 yıl içinde 4° veya 5° geriye yönelmişti. Kopernik'e kadarki süredeyse ilerlemişti. Fakat toplam süre içinde başka bir gerileme ya da duraklama görülmemişse de bunlar zorunlu bir biçimde geri ve ileri doğru olmak üzere karşıt

¹⁴¹ Copernicus, s. 273.

hareketlere karışmışlardı. Kopernik'e göre bu hareketin çizgisel ve dairesel hareket içinde belirlediği anlaşılabilir.¹⁴²

Hareket doğu yönünde ve düzensizdir çünkü Kopernik'in belirttiğine göre, yerötenin, Hiparkos ile Ptolemaios arasında sekteye uğradıktan sonra, Kopernik'in zamanına kadar düzenli bir şekilde devam etmiştir. Buna göre, dairesel hareketin aynı rotasına uyan Güneş'in hareketine özgü eşitlemenin benzer şekilde azalmayı durdurmadığı ve düzeltmelerin benzer bir değişimin ya da ekliptiğin eğimindeki ilk ve basit ayrıklıkla kesişimindeki bu iki düzensizliğe göre yapıldığı görülür.¹⁴³



Buna göre, ekliptik düzleminde merkezi C olan bir AB dairesi, ACB çapı ve bu çap üzerinde evrenin merkezinde yer alan D Güneş küresi olsun. C'nin etrafında, Güneş'i kapsamayan küçük, başka bir EF dairesi çizilsin. Dünya'nın yıllık devinimine ait merkezin, bu küçük dairenin etrafında oldukça yavaş bir

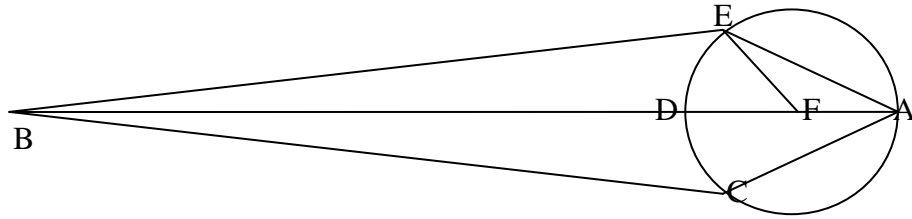
şekilde devindiği kabul edilsin. Küçük EF dairesi, AD çizgisiyle birlikte doğuya doğru, yıllık devinimin merkezi EF dairesi boyunca batıya doğru oldukça yavaş bir harekete sahip olduğundan, yıllık yörünge dairesinin merkezi bazen DE'ye denk gelen en uzun mesafede daha yavaş, bazen de DF'ye denk gelen en kısa mesafede daha hızlı bir harekette bulunacaktır. Çizdiği kavislerle küçük daire, merkezler arasındaki mesafeyi zamanla artırır ve azaltır ve en yüksek apsidin, ACD çizgisinin ortasında yer alan apsitten ya da yeröteden bazen önce bazen de sonra gelmesini

¹⁴² Copernicus, s. 277.

¹⁴³ Copernicus, s. 278, 279.

sağlar. EG yayı alınır ve merkezi G olan AB'ye eş bir daire çizilirse, en yüksek apsiti DGK çizgisinde olur DG, DE'den daha kısa olur.¹⁴⁴

İkinci düzensizlik, ekliptiğin ya da benzerliğinin sapmasındaki ilk ve basit ayrıklığı izlediği için, Kopernik, eskilerin gözlemlerindeki bir hatayla karşılaşmadığı müddetçe, bunları değerlendirerek düzensizliğin sabit farklarını elde edeceğini söylemiştir. Buna göre hesaptan, İsa'dan sonraki 1515. yıl için yaklaşık $165^{\circ} 39'$ lık basit bir ayrıklık çıkaran Kopernik, yine bir hesaba göre başlangıçta İsa'dan yaklaşık 64 yıl öncesine kadar gitmiştir. O zamandan Kopernik'in zamanına kadar 1580 yıllık bir süreç söz konusudur. Kopernik'in hesaplarına göre, bu başlangıca ait en büyük eksantriklik, yarıçap 10.000 birimken, 414 birim olarak bulunur. Fakat kendi zamanındaki eksantriklik, 323 birimdir. Bu durumda AB bir düz çizgi olsun ve üzerindeki B de evrenin merkezi ve Güneş olsun. AB en büyük, BD de en küçük eksantriklik olsun. Çapı AD olan küçük bir daire çizilsin ve AC yayı, ilk basit ayrıklıkla orantılı olarak $165^{\circ} 39'$ olsun.¹⁴⁵



AB çizgisi basit ayrıklığın başlangıcında, A'da bulunduğu ve AB çizgisi 414 birime, BC çizgisi 323 birime eşit olduğundan, AB ve BC kenarları yanında CAD açısıyla birlikte ABC üçgeni de ortaya çıkar. Çünkü yarım dairenin geri kalan CD yayı verildiğinden CD yayı $14^{\circ} 21'$ 'ya eşittir. AC kenarı ve ABC açısı, yerötenin ortalama ve düzensiz hareketi arasındaki fark bulunur. AC çizgisi verilen yayı

¹⁴⁴ Copernicus, s. 278, 279.

¹⁴⁵ Copernicus, s. 282.

ayırdığından, ACD dairesinin AD çapı da bulunur. Üçgeni çevreleyen dairenin çapı 20.000 birimken CAD açısı $14^{\circ} 21'$, CB 2496 birim olduğuna göre ve BC'nin AB'ye oranı belirlendiğine göre, AB 3225 birime, o da ACB kirişine, yani $341^{\circ} 26'$ 'ya eşittir. Çıkarma işlemiyle, iki dik açı 360° iken CBD açısı $4^{\circ} 13'$ olur. CBD kirişi AC'ye, 735 birime eşittir. O halde AB 414 birimken, AC yaklaşık 95 birime eşittir. AC, verilen yayı ayırdığına göre, AD için çap görevi görecektir. Buna göre AD, ADB'nin 414 birim olduğu durumlarda 96 birime eşittir ve DB 321 birim olup en küçük eksantrikliğin uzaklığını verir. CBD çevre açısı $4^{\circ} 13''$ 'ya, merkez açıysa $2^{\circ} 6,5''$ 'ya eşit olduğundan, bu aynı zamanda B merkezi etrafındaki AB'nin düzenli hareketinden çıkarılacak eşitlemedir. Buna uygun olarak E noktasında daireye teğet BE düz çizgisi çizilsin ve merkez olarak F alınsın, EF de eklensin. Bu durumda BEF dik üçgeninde FB yarıçapının 10.000 birim iken EF kenarı 48 birim, BDF kenarı 369 birim, EF 1300 birimdir. EF, EBF'nin iki kanı ayıran kirişin yarısına, EBF açısı da, dört dik açı 360° iken $7^{\circ} 28''$ 'ya eşittir ve bu F'deki düzenli hareket ile E'deki görünen hareket arasındaki en büyük eşitlemedir. Bu şekilde diğer belirli farklar da bulunabilir, örneğin AFE açısı 6° 'dir. Buna göre verilen EF ve FB kenarlarının yanı sıra EFB açısıyla birlikte üçgeni ortaya çıkar. O halde EBF açısı $41''$ 'dır ve bu aynı zamanda eşitlemedir. Fakat AFE açısı 12° ise, eşitleme $1^{\circ} 23''$ 'dir. AFE açısı 18° ise, eşitleme $2^{\circ} 3''$ 'dir.¹⁴⁶

“O halde ilk basit ayrılıkla uyumlu olan en büyük eksantriklik 178. olimpiyatın üçüncü yılına, yani Mısır takvimine göre Büyük İskender'in ölümünün 259. yılına denk geldiğinden, bu hesaba göre eşzamanlı olarak yerötenin hakiki ve ortalama konumu, İkizler'in $5,5^{\circ}$ 'sinde, ilkbahar ekinoksundan $65,5^{\circ}$ 'deydi ve bu anda ortalamayla çakışan hakiki ekinoksun devinmesi $4^{\circ} 38'$ olduğundan, yerötenin konumu da sabit yıldızlar

¹⁴⁶ Copernicus, s. 281, 282, 283.

küresinde $65,5^{\circ}$ 'den $4^{\circ} 38'$ çıkarılmasıyla Koç'un başından itibaren $60^{\circ} 52'$ olarak bulunur. Yine 573. olimpiyatın ikinci yılında ve İsa'dan sonraki 1515 yılında yerötenin konumu Yengeç'in $6,5^{\circ}$ 'sinde bulunur. Fakat hesaba göre ilkbahar ekinoksunun devinmesi $27,25^{\circ}$ idi ve $96^{\circ} 40'$ 'dan $27,25^{\circ}$ çıkarıldığında $69^{\circ} 25'$ kalır. Buna göre bu noktada $165^{\circ} 39'$ 'lık iki ayrıklıkla birlikte, hakiki konumun ortalamayı izlediği $2^{\circ} 7'$ 'lık bir eşitlemenin bulunduğu gösterilmiş; buna binaen Güneş'in yerötesinin ortalama konumunun da $71^{\circ} 32'$ olduğu anlatılmış oldu. O halde aradaki 1580 Mısır yılı boyunca yerötenin ortalama ve düzenli hareketi $10^{\circ} 41'$ 'ydi; biz de bunu rakamsal olarak yıllara bölersek yıllık $24'' 20''' 14''''$ kadar bir hareket bulmuş oluruz.¹⁴⁷

¹⁴⁷ Copernicus, s. 283, 284.

2.2. Ay

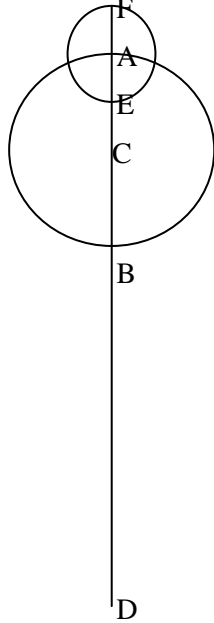
Dünya'nın Güneş'in etrafındaki hareketinden kaynaklanan görünümleri açıklayan Kopernik, aynı yolla ilk önce Dünya'ya en benzer gezegen dediği Ay'ın, sonra da gezegenlerin hareketlerini hesaplayabileceğini ileri sürer.

Kopernik'in belirttiğine göre, günlük hareket dışında, kendi başına ele alındığında Ay'daki hiçbir değişikliğin Dünya'nın hareketini gösteren bir belirginliği yoktur. Ay'ın Dünya etrafındaki hareketi nedeniyle eskiler Dünya'nın evrenin merkezi ve bütün devinimlerin ortak noktası olduğuna inanmıştı. Kopernik, Ay'ın hareketine yönelik açıklamasında Dünya'nın etrafında bulunduğu dair eskilere ait görüşe katılmakla birlikte, onlardan edindiği kimi bilgilere ters gelecek daha doğru bilgiler sunacağını iddia etmiştir. Bu bilgiler sayesinde de Ay'ın hareketini açıklamaya çalışmıştır.¹⁴⁸

Kopernik'e göre, Ay, ekliptiği değil, onu kesen ve daha sonra onun tarafından kesilen kendi eğimini izler ve ona ait olan kesişim çizgisinden her iki enleme doğru geçer. Yıl nasıl Güneş'le ilgiliyse, ay da Ay'la ilgilidir. Buna göre kesitlerdeki ortalama konumlara bazıları ekliptik, bazıları da düğüm noktaları demiştir. Güneş ile Ay'ın bu konumlardaki kesişimleri ve karşıt konumlarda olmaları da ekliptik adını alır. Çünkü Güneş ve Ay tutulmalarının gerçekleştiği başka ortak konumlar yoktur. Ay'ın sapması başka konumlarda Güneş ve Ay'ın birbirinin ışığından mahrum kalmalarını önler, ayrıca bu şekilde geçip giderken biri diğerinin önünü kesmez. Ay'ın yörünge dairesi, gün başına yaklaşık 3"lik düzenli bir hareketle Dünya'nın merkezi etrafında eğik olarak döner ve devinimini 19 yılda tamamlar. Buna göre Ay,

¹⁴⁸ Copernicus, s. 295.

bu yörünge dairesinde ve kendi düzleminde doğuya doğru, kimi zaman en düşük, kimi zaman da en yüksek hızda hareket ediyor görünür. Daha yavaşken daha yüksekte, daha hızlıken ise Dünya'ya daha yakın olur.¹⁴⁹



Episiklın daha büyük veya daha küçük görünmesini sağlayanın eksantriklik değil, aksine dairelerle ilgili başka bir bağıntı olduğunu söyleyen Kopernik'e göre, AB, ilk ve en büyük episikl, C de onun merkezi olsun. D, Dünya'nın merkezi olsun, DC düz çizgisi de D'den episiklın en yüksek apsidine uzatılsın. Merkezi A olan başka bir EF küçük episikl çizilsin. Bütün bunlar Ay'ın eğik dairesinin aynı düzleminde yer alsın. C doğu, A da batı yönünde, Ay EF'nin üst konumunda yer alan F'den doğuya doğru hareket ettirilsin. DE çizgisi, Güneş'in ortalama

konumunun çizgisiyle birken, Ay her daim C merkezinin en yakınında, yani E noktasında, fakat dördünlerde F noktasında, yani en uzağında olsun. Ay'ın görünüşleri bu yapı ile uygundur. Çünkü bu, Ay'ın iki defa EF episiklın etrafında dolaşmasıyla da uyumludur. Bu süre boyunca C, Güneş'in ortalama konumuna göre bir devinim gerçekleştirir. Yeniay ile dolunay, yarıçapı CE olan en küçük daireyi oluşturuyor görünecektir. Fakat Ay, dördünlerde yarıçapı CF olan en büyük daireyi oluşturacaktır ve bu yüzden Ay, yine kavuşumlarda ve karşı konumlarda düzenli ve görünen hareketler arasında daha küçük, fakat dördünlerde E merkezinin etrafındaki eşit olmayan ancak benzer yaylardan ötürü daha büyük farklar oluşturacaktır. Episiklın merkezi Dünya'yla eş merkezli bir dairede olduğundan, episikla uygun

¹⁴⁹ Copernicus, s. 296, 297.

paralakslar gösterir. Kopernik'e göre, Ay'ın hareketlerinden kavranan diğer bütün olgular da bu yolla ortaya çıkacaktır. Aynı şeyler, tam oran korunarak eksantrik dairelerden hareketle de oluşturulabilir. Fakat burada paralakslardan kaynaklanan küçük bir zorluk söz konusudur. Ay'ın konumu, aletlerle gözlenemez, ancak tutulmaları sayesinde kesin olarak hesaplanabilir. Aynı Güneş tutulmasının Dünya'nın farklı bölgelerinden büyüklük ve süre bakımından eşit ve her koşulda aynı olmadığını görülür. Fakat Ay tutulmaları söz konusu olduğunda böylesi bir engelden bahsedilemez. Ay tutulmaları Ay'ın seyrini kesin olarak saptamaya tam anlamıyla uygundur.¹⁵⁰

Kopernik'in *De Revolutionibus*'da belirttiğine göre, Hiparkos Ay tutulması gözlemlerini, Keldanilerden öğrendikleriyle birleştirerek ayrıklığın ve ayların devinimlerinin eşzamanlı olduğu vaktin 345 Mısır yılı 82 gün 1 saat olabileceğini hesap etti ve bu zaman diliminde 4267 tam ay ve 4573 ayrıklık devri söz konusuydu. Buna göre ayların sayısı günlere dönüştürüldü ve 126.007 gün ve bir ayın da 29 gün 31' 50" 8''' 9'''' 20'''''' olduğu bulundu. Bu mantığa uygun olarak bir zaman dilimindeki hareket de anlaşılmış olur. Bu durumda 360°'lik dönüşün bir ayın günlerine bölümü Ay'ın günlük devinimini 12° 11' 26" 41''' 20'''' 18''''''''lik toplamla ilişkili olarak ortaya koyar. Bunun 365'le çarpımı, 12 devinime ek olarak, 129° 37' 21" 28''' 29''''''''lik yıllık hareketi verir. 4267 ay ve 4573 ayrıklık devri, birbiriyle bileşik sayılar olarak verildiğinden, yani 17'nin genel ölçüsüne göre 4267 ayın 4573 ayrıklık devrine oranı en azından 251'in 269'a oranı olacağından, Ay'ın deviniminin bu orandaki ayrıklık hareketine oranı elde edilir. Buna uygun olarak Ay'ın yıllık hareketinin 269'la çarpılıp sonucun 251'e bölünmesiyle ortaya çıkan sonuç 13 tam devinimdeki

¹⁵⁰ Copernicus, s. 302, 303.

ayrıklığın yıllık hareketi, yani $88^{\circ} 43' 8'' 40''' 20''''$ olacaktır. Buradan hareketle günlük hareket de $13^{\circ} 3' 53'' 56''' 29''''$ olacaktır. Fakat devinim enlemde başka bir orana sahiptir. Buna göre ayrıklığın yinlendiği önceki zamanla uyumlu değildir, fakat Ay'ın aynı enleme sadece, her koşulda eskisine benzer ve eşit sonraki bir tutulmada döndüğü anlaşılır. Her iki kararına da Ay'ın aynı bölümünde gerçekleşir, dahası büyüklük ve süre bakımından da ikisi birbirine eşittir. Bu, Ay'ın en yüksek ya da en alçak apsitten uzaklığı eşit olduğunda gerçekleşir. Buna göre Ay'ın eşit gölgeleri eşit zamanda geçtiği de anlaşılır. Bu durumda Hiparkos'a göre bu tarz bir geri dönüş 5458 ayda bir gerçekleşir, bu da enlemin 5923 devinimine karşılık gelir. Böylece, enleme özgü hareketler yıl ve gün olarak belirlenmiş olur. Ay'ın Güneş'ten hareketi 5923 ay ile çarpılıp çıkan sonuç 5458'e bölündüğünde, 13 devinimlik enlemde Ay'ın yıllık hareketi $148^{\circ} 42' 46'' 49''' 3''''$, günlük hareketiyse $13^{\circ} 13' 45'' 39''' 40''''$ olarak elde edilir. Kopernik'e göre, Hiparkos bunu Ay'ın düzenli hareketlerinin oranı olarak ifade etmişti ve ondan önce kimse daha yakın bir tahminde bulunmamıştı. Ptolemaios da Güneş'ten aynı ortalama hareketi Hiparkos gibi bulmuşsa da yıllık ayrıklık hareketi öncekine göre $1'' 11''' 39''''$ kadar eksik, enlemin yıllık hareketiyse $53''' 4''''$ kadar fazlaydı. Fakat artık Hiparkos'tan Kopernik'in dönemine değin birçok yıl geçtikten sonra, ortalama bir yıllık hareket $1'' 2''' 49''''$ kadar ve bir ayrıklık hareketi ise sadece $24''' 49''''$ kadar eksik bulunur. Enlemdeki harekette $1'' 1''' 44''''$ kadar bir fazlalık vardır. Ay'ın düzenli hareketi, Dünya'nın hareketinden farklı olduğundan, $129^{\circ} 37' 22'' 32''' 40''''$ 'lık yıllık hareket, $88^{\circ} 43' 9'' 5''' 9''''$ 'lık ayrıklık hareketi ve enlemde $148^{\circ} 42' 45'' 17''' 21''''$ 'lık hareket olacaktır.¹⁵¹

¹⁵¹ Copernicus, s. 304, 305.

Ay'ın düzenli hareketlerini ortaya koyduktan sonra Kopernik, episikl ile göstereceği düzensizliğin oranına ve Ay'la Güneş'in kavuşum ve karşı konumlarında beliren ilk düzensizliğine değinmiştir.

“(…) Yine eskiler tarafından bizler için hazırlanan yolu izleyeceğiz. Ptolemaios tarafından dikkatle gözlenen üç tutulmayı ele alıp bunları, zaten evvelden bahsetmiş olduğumuz düzenli hareketleri kontrol etmek ve doğru bir şekilde ortaya koymuşlar mı diye görmek için yine aynı dikkatle, diğer üç tutulmayla karşılaştıracamız. Bunları açıklarken eskileri taklit ederek Güneş'le Ay'ın ilkbahar ekinoksundan ortalama konumunu düzenli hareketi için kullanacağız; zira ekinoksların düzensiz devinmesinden ötürü oluşan fark, böylesine kısa sürede, hatta 10 yılda bile algılanamaz. Buna uygun olarak Ptolemaios ilk olarak, Hadrianus'un yönetiminin 17. yılında, Mısır takvimine göre Pauni ayının 20. gününden hemen sonra, İsa'nın doğumundan sonraki 133.yılda, Mayıs'ın 7'sinden önceki yani 6. günündeki tutulmayı ele aldı. Bu tam bir tutulmaydı; tutulma sürecinin ortası İskenderiye'de gece yarısından önceki ilk saatin çeyreğine; Frauenburg'da veya Krakow'da ise takip eden 7. günün gece yarısından bir saat çeyrek dakika öncesine denk geliyordu; Güneş, Boğa'nın $12,25^{\circ}$ sinde fakat ortalama harekete göre yine Boğa'nın $12^{\circ}21''$ sındaydı. İkinci tutulmanın ise Hadrianus'un yönetiminin 19. yılında, dördüncü Mısır ayı olan Chiach'ın iki günü geçtiğinde; İsa'nın doğumundan sonraki 134.yılda, Kasım'ın başlangıcından üç gün önce meydana geldiğini söyler.”¹⁵²

“Burada çapın kuzeyden itibaren altıda beşini karartan bir tutulma söz konusuydu. Tutulmanın ortası İskenderiye'de gece yarısından önceki bir ekvatorial, Krakow'da yine gece yarısından önceki iki ekvatorial saate denk geliyordu; Güneş de Terazi'nin $25\ 1/6^{\circ}$ sinde fakat ortalama harekete göre yine Terazi'nin $26^{\circ}43''$ sındaydı. Üçüncü tutulma ise Hadrianus'un yönetiminin 20.yılında, sekizinci Mısır ayı, yani Pharmuthi'de 19 gün geçtikten sonra, İsa'nın doğumundan sonraki 135. yılda, Mart'ın 6.günü geçtiğinde meydana gelmişti. Ay'ın yine kuzeyden çapının yarısı kadarı gölgede

¹⁵² Copernicus, s. 312, 313.

kalmıştı. Tutulmanın ortası İskenderiye’de gece yarısından önceki dört ekvatorial saate, Krakow’da ise yine gece yarısından sonraki üç ekvatorial saate denk geliyor; bu da Mart’ın yedinci gününün sabahı oluyordu.”¹⁵³

“Bu zamanda Güneş, Balık’ın $14 \frac{1}{12}^{\circ}$ ’sinde fakat ortalama hareketine göre yine Balık’ın $11^{\circ} 44'$ ’sında bulunuyordu. Bu durumda anlaşılıyor ki birinci ve ikinci tutulma arasındaki sürede Ay görünen hareketinde, Güneş’in görünen hareketi kadar, yani $161^{\circ} 55'$; ikinci ve üçüncü tutulma arasındaki sürede ise $138^{\circ} 55'$ kadar mesafe kat eder. Bu durumda ilk aralıkta görünen zamana göre 1 yıl 166 gün 23,75 saat, düzeltilmiş zamana göre 23,625 saat vardı; ikinci aralıkta ise kabaca 1 yıl 137 gün 5 saat, düzeltilmiş olarak da 5,5 saat vardı. İlk aralık boyunca Güneş’in ve Ay’ın hesaplanan düzenli hareketi, tam çevrimleri saymazsak, $169^{\circ} 37'$ olup ayıklık hareketi de $81^{\circ} 36'$ ’ydı. Buna göre ilk aralık boyunca episiklin $110^{\circ} 21'$ ’sının Ay’ın ortalama hareketinden farkı $7^{\circ} 42'$ iken ikinci aralıkta episiklin $81^{\circ} 36'$ ’sına $1^{\circ} 21'$ eklenirdi.”¹⁵⁴

Bu örneklerden hareketle Kopernik, gözlediği Ay’ın üçlü tutulmasını irdelemiş ve kendi bulduğu gözlem verileriyle kendinden öncekiler tarafından bulunanları dikkatli bir şekilde karşılaştırmıştır.

“İlki İsa’dan sonra 1511 yılında, 6 Ekim’den sonra gerçekleşmişti. Ay, gece yarısından önceki 1,125 saat içinde tutulmaya başladı ve yine gece yarısından sonraki 2,3 saat içinde tümüyle eski haline geri döndü; bu şekilde tutulmanın tam ortası gece yarısından sonraki $7/12$ saate, ertesi günün, yani 7 Ekim’in sabahına denk geldi. Tüm bu tutulma, Güneş Terazî’nin $22^{\circ} 25'$ ’sında fakat düzenli hareket Terazî’nin $24^{\circ} 13'$ ’sındayken gerçekleşmiş oldu. İkinci tutulmayı İsa’dan sonra 1522 yılının Eylül ayında 5 gün geçtikten sonra gözlemledik. Bu tam bir tutulmaydı ve gece yarısından önceki yarım saatte başladı fakat tam ortası yine 6. günü, yani Eylül’ün 13. gününden önceki 8. günü izleyen gece yarısından sonraki 1,3 saate denk geldi. Güneş, Başak’ın $22,2^{\circ}$ ’sinde fakat

¹⁵³ Copernicus, s. 313.

¹⁵⁴ Copernicus, s. 313, 314.

düzenli hareketine göre Başak'ın $23^{\circ} 59'$ 'sındaydı. Üçüncü tutulmayı ise İsa'dan sonra 1523 yılında, 25 Ağustos'a bağlanan gecede gözlemledik. Tutulma gece yarısından sonraki 2,8 saatte başladı; bir tam tutulmaydı ve ortası Eylül'ün başından itibaren 7. günün öncesindeki gece yarısından sonraki $4 \frac{5}{12}$ saate denk geldi. Güneş, Başak'ın $11^{\circ} 21'$ 'sındaydı fakat ortalama hareketine göre yine Başak'ın $13^{\circ} 2'$ 'sındaydı. Ve burada Güneş ile Ay'ın hakiki konumları arasında ilk tutulmadan ikinci tutulmaya kadarki mesafe $329^{\circ} 47'$, ikinciden üçüncüye kadarki mesafe ise $349^{\circ} 9'$ 'ydi. Bu durumda ilk tutulmadan ikinci tutulmaya kadar geçen süre, görünen zamana göre 10 eşit yıl 337 gün $\frac{3}{4}$ saat; düzeltilmiş eşit süreye göreyse $\frac{4}{5}$ saatti. İkinci tutulmadan üçüncü tutulmaya kadar geçen süre ise 354 gün 3 saat 5 dakika; eşit süreye göreyse 3 saat 9 dakikaydı. İlk aralık boyunca Güneş ile Ay'ın hesaplanan ortalama hareketi, tüm çevrimler sayılmadan, $334^{\circ} 47'$; ayrıklığın hareketi ise $250^{\circ} 36'$ 'ydi; düzenli hareketten yaklaşık olarak 5° az; ikinci aralıkta ise Güneş ile Ay'ın ortalama hareketi $346^{\circ} 10'$; ayrıklık hareketi ise $306^{\circ} 43'$, yani ortalama hareketten $2^{\circ} 59'$ fazlaydı.¹⁵⁵

“Eski tutulmalardan Hadrianus'un 19. yılında, Mısır ayı olan Chiach'ın 2. gününde, İskenderiye'de gece yarısından önceki bir ekvatorial saatte; buna karşılık bize göre Krakow meridyeninin altında gece yarısından önceki iki saatte beliren ikincisine bakarsak, İsa takviminin başlangıcından bu harekete kadar 133 Mısır yılı 325 gün ve kabaca 22 saat; fakat düzeltilmiş haline göre 21 saat 37 dakika vardır. Hesabımıza göre Ay'ın bu zaman boyunca süren hareketi $332^{\circ} 49'$; ayrıklık hareketi ise $217^{\circ} 32'$ 'ydi. Tutulma hususunda elde edilen bulgulardan çıkarıldıklarında, her biri için İsa takviminin başlangıcında, Ocak ayının ilk gününden önceki gece yarısında, Ay'ın Güneş'ten ortalama konumu olarak $209^{\circ} 58'$; ayrıklık konumu olarak ise $207^{\circ} 7'$ elde edilir. Yine 1. olimpiyattan İsa takviminin başlangıcına kadar 193 olimpiyat, 2 yıl 194,5 gün yani 775 Mısır yılı 12,5 gün; fakat düzeltilmiş haline göre 12 saat 11 dakika vardır. Benzer şekilde İskender'in ölümünden İsa'nın doğumuna kadar görünen zamana göre 323 Mısır yılı 130,5 gün olduğunu bulmuşlardı; fakat bu, düzeltilmiş haline göre 12 saat 16 dakikaydı. Ve Caesar'dan İsa'ya kadar 45 Mısır yılı 12 gün vardır ve burada eşit ve

¹⁵⁵ Copernicus, s. 317, 318.

görünen zamanın oranları uyumludur. Buna uygun olarak İsa'nın doğumundaki konumlarından itibaren geçen süredeki hareketleri, teker teker çıkarırsak, 1. olimpiyattaki Hekatombaion ayının ilk gününün öğle vakti için Ay'ın Güneş'ten düzenli uzaklığının $39^{\circ} 43'$; ayıklık uzaklığının ise $46^{\circ} 20'$ olduğunu buluruz. İskender yıllarının başlangıcında, Thoth ayının ilk gününün öğle vaktinde Ay, Güneş'ten $310^{\circ} 44'$ uzaktaydı; ayıklık hareketi de $85^{\circ} 41''$ ydı. Julius Caesar takviminin başında, Ocak ayının başlangıcından önceki gece yarısında Ay, Güneş'ten $350^{\circ} 39'$ uzaktaydı ve ayıklık hareketi $17^{\circ} 58''$ ydı. Bütün bunlar Krakow'un bulunduğu meridyene göredir. Her iki konumda gözlemlenen Güneş ile Ay tutulmalarının aynı zamanda gerçekleşmesinin de bize öğrettiği gibi çoğu kere gözlemlerimizi gerçekleştirdiğimiz Vistula nehrinin ağzının konumlandığı Frauenburg ve antik dönemde Epidamnum denilen Makedonya'daki Dyrrhachium da yine bu meridyendedir.¹⁵⁶

Sonuç olarak Kopernik, Ay'ın ilk düzensizliğiyle birlikte düzenli hareketini de gösterdiğini belirterek, ilk episiklın ikinci episikle ve her ikisinin Dünya'nın merkezine uzaklığına oranını incelemeye geçmiştir. Buna ek olarak, düzenli ve görünen hareket arasındaki en büyük farkın, yarımay büyürken ya da küçülürken, ortalama dördünde bulunduğunu tekrar vurgulamış ve bunun da eskilerin gözlem verilerine göre $7 \frac{2}{3}^{\circ}$ olduğunu belirtmiştir. Kopernik'in bildirdiğine göre, eskiler yarımayın neredeyse episiklın ortalama mesafesine vardığı ve Dünya'nın merkezinden geçen teğetin etrafında gezindiği zaman gözlemlerini gerçekleştiriyordu. O vakitler Ay, doğuşundan veya batışından ölçülen ekliptiğin 90° 'si civarında olduğundan, paralaksın boylamın hareketine hata ekleyebileceğinin farkındaydılar. Çünkü o zamanda ufku tepeden geçiren daire ekliptiği dik

¹⁵⁶ Copernicus, s. 321, 322.

olarak böler ve boylamda herhangi bir paralaksa yol açmaz, paralaks tümüyle enleminer.¹⁵⁷

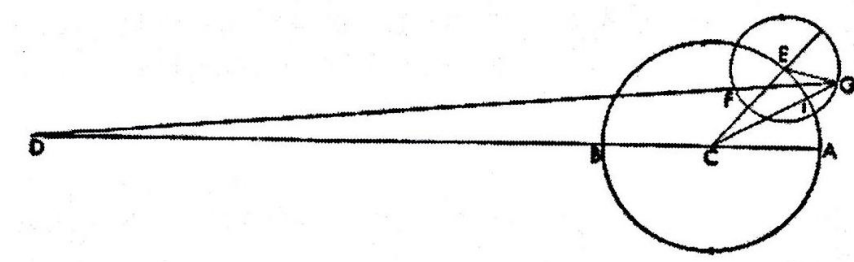
Ay'ın düzenli ve görünen hareketlerinin eskiler tarafından ifade edilenlerden farklı olduğunu, Hiparkos'un gözlemlerinden yararlanarak göstermek isteyen Kopernik, bu şekilde kuramının sağlamlığını artırdığını vurgulamıştır.

“(…) İskender'in ölümünden sonraki 197. yılda, Mısır takvimindeki 10. ay olan Pauni'nin 17. gününde Rhodos'ta 9 1/3 saat geçtikten sonra Hiparkos, astrolabiumla gerçekleştirdiği Güneş'le Ay gözleminde aradaki mesafenin 48° 6' olduğunu bulmuştu; ayrıca Ay, Güneş'in doğusundaydı. Hiparkos, Güneş'in konumunun, Yengeç'in 10 9/10°'sinde olduğunu düşündüğünden, Ay da Aslan'ın 29°'sinde olmalıydı. Bu zamanda Akrep'in 29°'si yükseliyordu ve Başak'ın 10°'si, 36° kuzey enlemindeki Rhodos üzerinde, göğün ortasındaydı. Bu bilgiye göre, meridyenden ekliptiğin 90°'sinde konumlanan Ay, yine bu zamanda görünürde ya da boylamda fark edilmeyen herhangi bir paralaksa yol açmamıştır. Fakat bu gözlem, 17. günün öğle vaktinden sonraki, Rhodos'ta 4 ekvatorial saate denk gelen 3 1/3 saate yapılmıştı; bu, Krakow'da, Rhodos'u İskenderiye'den bize 60'ta 1'i kadar daha yakın kılan mesafeye uygun olarak öğle vaktinden sonraki 3 1/6 ekvatorial saate denk geliyordu. Buna göre İskender'in ölümünden itibaren kabaca 196 yıl 286 gün 3 1/6 saat; fakat eşit zamana göre 3 1/3 saat geçmişti. Bu zamanda Güneş, ortalama hareketine göre Yengeç'in 12° 3''sına; görünen hareketine göreyse yine Yengeç'in 10° 40''sına varmıştı; bu yüzden Ay, gerçekte Aslan'ın 28° 37''sında görünmüştü. Fakat aylık devinime göre Ay'ın düzenli hareketi 45° 9''daydı ve ayrıklık hareketi hesaplarımıza gören yüksek apsitten 333° uzaklıktaydı.”¹⁵⁸

¹⁵⁷ Copernicus, s. 323.

¹⁵⁸ Copernicus, s. 325, 326.

Buna uygun olarak, merkezi C ve çapı ACB olan AB episiklını çizilsin. ACB, ABD gibi, düz bir çizgiyle Dünya'nın merkezine uzatılsın. Episiklda, ABE yayı 333° olsun. CE de eklensin ve yine F de kesilsin. EC, 1097 birimken, EF 237 birim olur. Merkezi E, yarıçapı EF olan episiklın episikli çizilsin. Ay, G noktasında olsun, FG yayı da Güneş'ten düzenli hareketin, $45^\circ 9'$ 'nin iki katı kadar, yani $90^\circ 18'$ olsun. CG, EG ve DG eklensin.¹⁵⁹



Buna göre CEG üçgeninde iki kenar bulunmuş olur, CE 1097 birime, EG ise EF'ye, yani 237 birime, GEC açısı da $90^\circ 18'$ 'ya eşit olur. CG kenarı 1123 birim, ECG açısı ise $12^\circ 11'$ 'dir. Bu sayede EI yayı hesaplanır, ayrıklık sayesinde de eklenecek eşitleme bulunur ve toplamıyla ABEI yayı $345^\circ 11'$ olur. Çıkarmayla GCE açısı $14^\circ 49'$ olup bu, Ay'ın episiklının en yüksek apsidinden hakiki mesafesidir. BCG açısı da $165^\circ 11'$ 'dir. Böylece GDC üçgeninde iki kenar da belirlenmiş olur. CD 10.000 birimken, GC 1123 birim, GCD açısı ise $165^\circ 11'$ 'dir. CDG açısı $1^\circ 29'$ olup bu, aynı zamanda Ay'ın ortalama hareketine eklenen eşitlemedir. Buna göre Ay'ın, Güneş'in ortalama hareketinden hakiki mesafesi $46^\circ 34'$, görünen konumu ise Aslan'ın $28^\circ 37'$ 'sında olup Güneş'in hakiki konumundan $47^\circ 57'$ uzaklıktadır.¹⁶⁰ Bulduğu verileri, eskilerin bulduğu verilerle karşılaştıran Kopernik, Hiparkos'un gözleminde 6'lık bir eksiklik söz konusu olduğunu bildirmiş ve Hiparkos'un ya da

¹⁵⁹ Copernicus, s. 325, 326.

¹⁶⁰ Copernicus, s. 327, 328.

kendisinin herhangi bir hata yapmadığını, bunların olması gerekenler olduğunu söylemiştir.

Kopernik'e göre, Ay'ın hareketinin enlemdeki oranını saptamak, oldukça karmaşıktır. Ay'ın iki episikli her haliyle birbirine benzer ve eşit olsaydı, yani gölgede kalan kısımlar kuzeye ve güneye göre aynı konumda ve aynı yükselen ve alçalan ekliptik kesitinde olsaydı, Dünya'dan ya da en yüksek apsitten uzaklığı da aynı olurdu. Çünkü Ay'ın bu düzende tüm enlem dairelerini hakiki hareketle tamamlar. Buna göre Ay, Dünya'dan eşit uzaklıktayken, eşit gölge daireleri kat eder ve görüş açımıza eşit diskler sokar. Buradan hareketle Ay, gölgenin merkezinden eşit uzaklığa göre aynı yönde eşit parçalarla görünerek eşit enlemlerden emin olmamızı sağlar. Ay, bu enlemlerden kaçınılmaz olarak ilk konumuna geri döner ve artık aynı ekliptik düğümünden, eşit bir aralık kadar uzaktadır. Buna göre Ay'ın Dünya'ya yaklaşması ya da ondan uzaklaşması gölgenin toplam büyüklüğünü, neredeyse hiç anlaşılmayacak kadar belirsiz bir ölçüde değiştirir. İki tutulma arasındaki süre daha fazla olursa, Ay'ın enlemdeki hareketi daha kesin bir şekilde kavranır.¹⁶¹

“(…) Bu koşullara uyan iki tutulma nadiren bulunur; bu güne kadar da karşımıza çıkmadı; yine de bize aynı sonucu verecek başka bir yöntem daha vardır; zira diğer koşullar sabitken, Ay'ın farklı yerleri ve zıt tarafları tutulursa, bu Ay'ın ikinci tutulmada çapa göre tam karşıt konuma varacağını, ayrıca tüm çevrimlerin yarım daire çizeceğini gösterir; bu da aranan için yeterli olacaktır. Bu koşullara harfiyen uyan iki tutulma bulduk: İlki Ptolemaios Philometor'un 7. yılında, İskender'in ölümünün 150. yılında, Claudius'un söylediğine göre Mısırlıların 7. ayı olan Phamenoth'un 27. gününü 28. gününe bağlayan gecede gerçekleşmişti. Ve Ay, İskender döneminin mevsimsel gece saatlerine göre 8. saatin başlangıcından 10. saatin sonuna dek çapının 7/12'si kadar,

¹⁶¹ Copernicus, s. 333, 334.

alçalan kesit etrafında kuzeyden tutuldu. Buna göre tutulmanın tam orta noktası, Claudius'un söylediğine göre, Güneş, Krakow'da gece yarısından sonraki 1,3 saatte Boğa'nın 6°'sinde olduğundan, aynı zamanda 2,3 ekvatorial saat eden gece yarısından sonraki 2 mevsimsel saate denk geliyordu. İkinci tutulmayı ise İsa'dan sonra 1519 yılında, Haziran'ın 5.'inden önceki 4. gününden sonra, Güneş İkizler'in 21°'sindeyken yakaladık. Tutulmanın tam orta zamanı gün ortasından sonraki 11,6 saate denk gelmişti ve Ay yükselen kesitte güneyden itibaren çapının yaklaşık 8/12'si kadar tutulmuştu. Buna uygun olarak İskender'in yıllarının başlangıcından itibaren ilk tutulmaya kadar İskenderiye'de 149 Mısır yılı 206 gün 14,3 saat, Krakow'da görünen zamana göre 13,3, düzeltilmiş haline göreyse 13,5 saat vardı. Hesabımıza göre, Ptolemaios'un hesabına da yaklaşık olarak uygun olan bu zamandaki ayrıklık konumu düzenli hareketle 163° 33''ydı; ayrıca Ay'ın hakiki konumunun düzenli olarak aşılmasını sağlayan 1° 23''lık eksiltici eşitleme söz konusuydu. Fakat İskender'in yıllarının belirlenen başlangıcından ikinci tutulmaya kadar görünen zamana göre 1832 Mısır yılı 295 gün 11 saat 45 dakika, fakat eşit zamana göre 11 saat 55 dakika vardı; buna göre Ay'ın düzenli hareketi 182° 18''ydı. Ayrıklık konumu 159° 55', düzeltilmiş ise 161° 13''ydı. Ve ekleyici eşitleme sayesinde düzenli hareket görünen harekete göre 1° 44' fazlaydı. Buradan anlaşılıyor ki, Ay'ın Dünya'dan her iki tutulmadaki uzaklığı eşitti ve Güneş her iki durumda da yaklaşık olarak yerötedeydi; fakat tutulmalarda 1/12 kadarlık bir kararın söz konusuydu. Ay'ın çapı çoğu kere yaklaşık 0,5° işgal ettiğinden, daha sonra göstereceğimiz gibi, 1/12'si 2,5' olacaktır; bu da ekliptik kesitlerindeki Ay'ın eğik dairesinde yaklaşık 0,5°'ye denk gelmektedir. Buna göre Ay, ikinci tutulmada yükselen kesitte, birinci tutulmadaki alçalan kesite göre 0,5° daha uzaktadır. Bu durumda, tüm devrimlerden sonra Ay enleminde hakiki hareketin 179,5° olduğu anlaşılır. Fakat düzenli harekete göre birinci ile ikinci tutulmalar arasında Ay ayrıklığı, 21' eklemeye yapar; bu eşitlemeler arasındaki farktır. O halde tüm devirlerden sonra enleminde 179° 51''lık düzenli bir Ay hareketi elde etmiş oluruz. Bu durumda görünen zamana göre iki tutulma arasındaki süre 1683 yıl 88 gün 22 saat 35 dakikaydı; bu yine eşit zamana

uygundu. Bu süre boyunca 40.577 tam eşit devinim ve verdiğimiz rakamlara da uygun biçimde 179° 51' vardı.”¹⁶²

Kopernik'e göre, Güneş ve Ay ile Dünya'nın gölgesi Dünya'dan eşit olmayan uzaklıklarıyla en az paralaksı kadar değişiklik gösterirler. Herhangi bir uzanım için bunlar hesaplanabilir. Bunun için ilk olarak Güneş'in durumu ortaya konmalıdır. Kopernik'in gösterdiği üzere, Dünya'nın Güneş'ten en uzak mesafesi, yıllık devinime özgü yörünge dairesinin yarıçapı 10.000 birimken, 10.323 birimdir. En yakın mesafesinin ise, çapın geri kalan kısmı için 9678 birimdir. Bu durumda, en yüksek apsitle, Dünya'nın yarıçapı 1^P iken 1179^P , en alçak apsitle ise 1105^P , ortalama apsitle de 1142^P olacaktır. O halde dik üçgende 1.000.000'un 1179^P 'a oranı 848^e , o da $2' 55''$ 'nin iki katını ayıran kirişin yarısına eşittir. En büyük paralaksın küçük açısıdır ve ufku civarında bulunur. Benzer şekilde, en küçük mesafe 1105^P olduğundan, 1.000.000'un 1105^P 'ten farkı 905^e , o da $3' 77''$ 'nin iki katını ayıran kirişin yarısına eşittir ve $3' 77''$, en alçak apsitleki en büyük paralaksın açısını verir. Böylece Dünya'nın çapı 1^P iken, Güneş'in çapının $5^P 27'$ olur ve en yüksek apsitle $31' 48''$ olur. Dairenin çapı 2.000.000 birimken, 1179^P 'nin $5^P 27'$ 'ye oranı, 2.000.000'un 9245^e oranına eşittir. Buna ek olarak 1105^P 'lik en küçük mesafede $33' 54''$ 'lik görünen bir çap söz konusudur. Bunlar arasındaki fark $2' 6''$ kadardır, fakat paralakslar arasında yalnızca $12''$ 'lik bir fark vardır. Ptolemaios'un, bu farkların, $1'$ ya da $2'$ gibi kolayca algılanabilecek farklar olmadığından, göz ardı edilmesi gerektiğini düşündüğünü söyleyen Kopernik'e göre de, Güneş'in en büyük paralaksı her yerde $3'$ 'da tutulursa, hiç hata yapılmadığı görülür. Buna göre Güneş'in ortalama çaplarının onun ortalama uzaklıklarından ya da Güneş'in görünen saatlik hareketi kullanılarak

¹⁶² Copernicus, s. 333, 334, 335.

çapın 66'ya 5 ya da 14,2'ye 1 oranında olduğunu düşünerek saptanır. Buna göre saatlik hareketi, yaklaşık olarak uzaklığıyla orantılıdır.¹⁶³

Dünya'ya en yakın gezegen olan Ay'ın görünen çapı ile paralaksarı arasında daha büyük bir ayırımı göze çarptığını söyleyen Kopernik'e göre, Ay'ın Dünya'dan en büyük mesafesi, yeniayda ve dolunayda 65,5^P olduğundan, en küçük mesafesi 55^P 5', en büyük enlemsel uzanım 68^P 21', en küçük uzanım ise 52^P 17' olacaktır. Kopernik'in açıklamasına göre, dairenin yarıçapını Ay'ın Dünya'dan uzaklıklarına böldüğümüzde, dört sınırdan doğan ve batan Ay'ın paralaksarını elde etmiş olacağız. En uzaktaki yarımayın paralaksı 50' 18", en uzaktaki yeniayın ve dolunayın paralaksı 52' 24", en yakın dolunayın ve yeniayın paralaksı 62' 21" ve en yakın yarımayın paralaksı 65' 45". Bu sayede Ay'ın görünen çapları da belirlenir. Dünya'nın çapının Ay'ın çapına oranı 7'ye 2 olduğundan, Dünya'nın yarıçapının Ay'ın çapına oranı 7'ye 4 olacaktır. Demek oluyor ki, Ay'ın görünen çapı için ortaya konmuş olan paralaksarın ilk sınırı 28,75', ikinci sınırı yaklaşık olarak 30', üçüncü sınırı 35' 38" ve son sınırı 37' 34" olur. Ptolemaios ve diğerlerinin modellerine göre çap yaklaşık 1° olmalıydı, yarımay bu anda Dünya üzerinde dolunay kadar ışık yansıtacağı için bunun böyle olması gerekirdi.¹⁶⁴

¹⁶³ Copernicus, s. 349, 350.

¹⁶⁴ Copernicus, s. 350.

2.3. Gezegenler

Yörünge dairelerine ait merkezlerin Dünya'nın değil Güneş'in etrafında olduğunu söyleyen Kopernik'e göre, gezegenlerde farklı şekilde beliren iki boylamsal hareket vardır. Biri, Dünya'nın hareketine bağlıdır, diğeri ise tek tek gezegenlere özgüdür. İlkine paralaks hareketi denilebilir. Bu hareket gezegenlerin duruyor, ileri ve geri gidiyor gibi görünmelerini mümkün kıldığından, her daim ilerleyen gezegen bu şekilde kendi hareketiyle farklı yöne sapmaz, aksine yörünge dairelerinin farklılıkları ve büyüklüklerine göre Dünya'nın hareketinin neden olduğu paralaks yüzünden böyle görünür. Buna göre Satürn'ün Jüpiter'in, Mars'ın hakiki konumu, bu gezegenler Güneş'in karşısında yani karşı konumda yer aldıklarında görünür ve geri dönüşlerinin yaklaşık olarak ortasında belirir. Çünkü bu zamanda, Güneş'in ortalama konumuna göre düz bir çizgide iner ve paralakslarından sıyrılırlar. Venüs ve Merkür'le ilgili ise başka bir oran söz konusudur. Bu gezegenler Güneş'le kavuşumda karanlığa bürünür, Güneş'ten uzakta, diğer yanda kaldıklarında sadece uzanımlarını gösterir ve asla paralaksız bulunmazlar. O halde gezegene göre Dünya'nın hareketinin kastedildiği paralaks devinimi, her gezegen için özeldir. Gezegen ve Dünya karşılıklı olarak birbirini ortaya koyar.¹⁶⁵

“(...) Paralaks hareketiyle ilgili şunun dışında bir şey söyleyemeyiz: Dünya'nın düzenli hareketi, Satürn, Jüpiter ve Mars'ta olduğu gibi gezegenlerin hareketini aşar ya da Venüs ve Merkür'de olduğu gibi, gezegen hareketleri Dünya'nın düzenli hareketini aşar (...)”¹⁶⁶

Kopernik'e göre, ekinokstan ya da tropikten itibaren ölçülen yıllar aslında tümüyle eşit değildir. Bu nedenle bir gezegenin konumunu bulmak için sabit

¹⁶⁵ Copernicus, s. 375, 376.

¹⁶⁶ Copernicus, s. 377.

yıldızlardan ölçülen yılların kullanılması daha kesin tespitler yapılabilmesi bakımından daha uygundur.¹⁶⁷

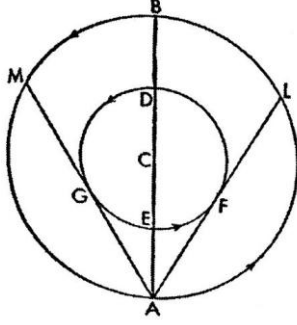
“(…) Buna göre Dünya’nın Satürn’e göre, Güneş yıllarımızdaki karşılığı 59 yıl 1 gün 6 dakika 48 saniye olan, paralaks hareketi dediğimiz 57 devinimi söz konusudur: gezegen bu zaman diliminde kendi hareketiyle iki çevrim artı $1^{\circ} 6' 6''$ ’yi tamamlar. Jüpiter, Dünya tarafından 71 Güneş yılı 5 gün 45 dakika 27 saniyede 65 defa geçilir: gezegen bu zaman diliminde kendi hareketiyle 6 dönüş eksi $5^{\circ} 41' 2,5''$ yapar. Mars’ın 79 Güneş yılı 2 gün 27 dakika 3 saniyede 37 paralaks devinimi vardır. Gezegen bu zaman diliminde kendi hareketiyle 42 devir artı $2^{\circ} 24' 56''$ ’yi tamamlar. Venüs Dünya’nın hareketini, 8 Güneş yılı eksi 2 gün 26 dakika 46 saniyede 5 defa aşar. Bu zaman diliminde, Güneş’in etrafında 13 devinim eksi $2^{\circ} 24' 40''$ ’yi tamamlar. Son olarak Merkür, paralaksın 145 devresini tamamlar; böylece Dünya’nın hareketini, 46 Güneş yılı artı 34 dakika 23 saniye geçer. Ve bu zaman diliminde Güneş’in etrafında 191 devinim ve yaklaşık artı 34 dakika 23 saniye vardır. Tek tek gezegenler için tekli paralaks devirleri şöyledir: Satürn için 378 gün 5 dakika 32 saniye 11 salise; Jüpiter için 398 gün 23 dakika 25 saniye 56 salise; Mars için 779 gün 56 dakika 19 saniye 7 salise; Venüs için 583 gün 45 dakika 17 saniye 24 salise; Merkür için 115 gün 52 dakika 42 saniye 12 salise. Bu devirleri dairenin derecelerine uyarlayıp günlerin sayısına ve dakikalara göre 365’lik oranla çarptığımızda, paralaksın yıllık hareketini elde etmiş oluruz. Satürn için $347^{\circ} 32' 2'' 54''' 12''''$; Jüpiter için $329^{\circ} 25' 8'' 15''' 16''''$; Mars için $168^{\circ} 28' 29'' 13''' 12''''$; Venüs için $225^{\circ} 1' 48'' 54''' 30''''$; Merkür için $3^{\circ} 6' 24'' 13''' 40''''$. Bunların 365’te biri günlük hareketi verir: Satürn için $57' 7'' 44''' 5''''$; Jüpiter için $54' 9'' 3''' 49''''$; Mars için $27' 41'' 40''' 22''''$; Venüs için $36' 59'' 28''' 35''''$; Merkür için $3^{\circ} 6' 24'' 13''' 40''''$ (...)”¹⁶⁸

Kopernik, bir gezegenin düzenli hareketinin düzensizmiş gibi görünmesinin, Dünya’nın hareketi ve gezegene özgü hareket olmak üzere iki nedeni olduğunu

¹⁶⁷ Copernicus, s. 376, 377.

¹⁶⁸ Copernicus, s. 376, 377, 378.

belirttikten sonra açıklamasına Dünya'nın yörünge dairesinin kapsadığı Venüs ve Merkür'le başlamıştır.



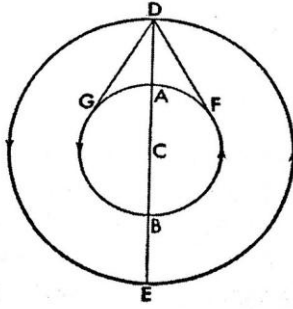
AB, yıllık dönüş boyunca Dünya'nın merkezinin çizdiği, Güneş için eksantrik daire olsun. Fakat bu noktada gezegenin bundan başka düzensizliğinin olmadığını varsayalım. DE, Venüs ya da Merkür'ün yörünge dairesi, AB ile de eş merkezli yapılsa, enleminden ötürü DE'nin, AB'yle eğimli

olması gerekir. Ancak daha iyi anlayabilmek adına bunlar aynı düzlemdeymiş gibi düşünülebilir. Dünya'nın A noktasında olduğu kabul edilsin. A'dan, F ve G noktalarında gezegen dairesine degecek olan AFL ve AGM görüş çizgileri çizilsin. ACB her iki dairenin de ortak çapı olarak uzatılsın. Dünya'nın ve gezegenin hareketi doğuya doğru aynı yönde, fakat gezegeninki Dünya'nınkinden daha hızlı olsun.¹⁶⁹

Buna göre C noktası ve ACB çizgisi, Güneş'in ortalama hareketine uygun olarak göze A noktasına uzanır gibi görünecektir. Fakat DFG dairesindeki gezegen, bir episikl dairesindeymiş gibi, doğuya doğru FDG yayını daha uzun sürede, geriye kalan GEF yayını batıya doğru daha kısa sürede kat edecek ve yukarıdaki yayda toplam FAG açısını Güneş'in ortalama hareketine ekleyecek, aşağıdaki yayda ise ondan çıkaracaktır. Gezegenin eksiltici hareketi özellikle de E yerberisi etrafında C'nin artırıcı hareketinden daha büyük görünecek, A noktasından ise, geride bırakan hareketten ziyade geriye gidiyor gibi görünecektir. CE çizgisinin AE çizgisine oranı, A noktasındaki hareketin gezegenin hareketine oranından daha büyüktür. Artırıcı

¹⁶⁹ Copernicus, s. 390, 391.

hareketin eksiltici harekete eşit olduğu yerde, gezegen, karşılıklı dengeden ötürü duruyor görünecektir. Fakat gezegenin hareketinde başka bir düzensizlik daha vardır. Bu gezegenlerin sabahları ve akşamları sahip olduğu, FAE ve GAE açıları, Güneş'in ortalama hareketinden en büyük açısal uzanımlarından ne biri diğerine eşittir ne de toplamı her yerde aynıdır. Bu gezegenlerin izlediği rota Dünya dairesiyle eş merkezli daireler boyunca değil, ikinci düzensizliği tetikleyen diğer belirli daireler boyunca uzanır. Aynı husus, Dünya'nın üç gezegen Satürn, Jüpiter ve Mars için de ortaya konur.¹⁷⁰



Bunun için ilk Dünya dairesi yeniden çizilsin ve DE, aynı düzlemde dıştaki eş merkezli daire olsun. Gezegenin konumu, D noktasında olsun ve D'den ortak DACBE çapı, F ve G noktalarında Dünya'nın yörünge dairesine dokunan DF ve DG düz çizgileri

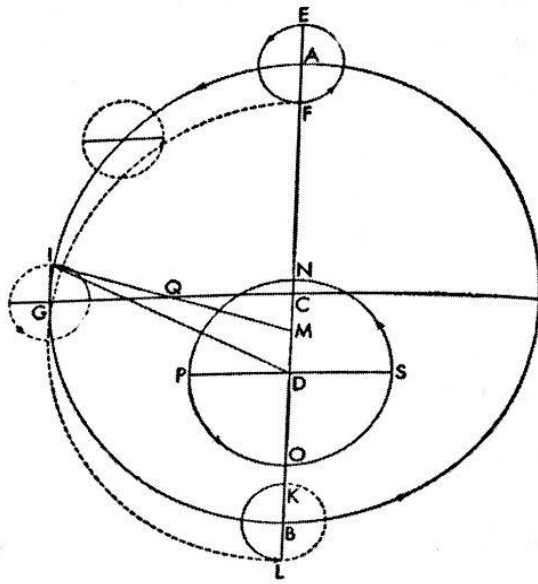
çizilsin. Gezegen Güneş'e zıt, Dünya'ya ise en yakın konumdayken, A noktasından sadece, Güneş'in ortalama hareketinin çizgisi olan DE'deki gezegenin hakiki konumu görünür olacaktır.¹⁷¹ Buna göre Dünya, B'de gezegene ve Güneş'e zıt konumda yer aldığı anda aynı düz çizgide olsa bile, Güneş'in C'ye yakınlığından ötürü tümüyle görünür olmayacaktır. Fakat Dünya'nın hareketi daha hızlı olduğundan ve gezegeni geçtiğinden, yeröte yayı FBG boyunca toplam GDF açısını gezegenin hareketine eklediği ve GAF yayı daha küçük olduğundan geri kalan bu yay boyunca aynı açıyı çıkardığı görülecektir. Ancak Dünya'nın eksiltici hareketinin, gezegenin artırıcı hareketini aştığı yerde, A'nın bitişiğinde, gezegenin Dünya tarafından geçildiği, batıya doğru hareket ettiği ve görüş açısına göre zıt olan hareketler

¹⁷⁰ Copernicus, s. 392, 393.

¹⁷¹ Copernicus, s. 393.

arasındaki en küçük mesafenin olduğu konumda durmaya yaklaştığı görülecektir. Bu yüzden Kopernik'e göre, eskilerin her bir gezegenin episikl dairesi sayesinde incelediği bütün bu görünen hareketlerin, Dünya'nın hareketinden ötürü belirdiği açıktır.¹⁷²

Merkür dışındaki gezegenlerin boylamdaki hareketleri yaklaşık olarak aynı yolu izlediğinden, Kopernik, dört gezegeni bir yerde inceleyip, Merkür için başka bir yer ayırmıştır. Eskilerin iki eksantrik daireye tek bir hareket atfettiğini belirten Kopernik, bir episikl dairesi taşıyan bir eksantrik daireyle birleşmesi ya da bir episikl dairesindeki başka bir episikl dairesi sayesinde görünen düzensizliğin bir olması dışında, iki düzenli hareket olduğuna karar vermiştir.



Buna uygun olarak AB, C'nin etrafındaki eksantrik daire olsun. ACB, gezegenin en yüksek ve en alçak apsidinden geçen, aynı zamanda Güneş'in ortalama konumunu içeren çap olsun. D, ACB'de Dünya'nın yörünge dairesinin merkezi olsun, merkezi en yüksek apsit A ve çapı CD'nin

üçte biri olan EF çizilsin. F bunun yerberisi olsun, gezegen de buraya yerleştirilsin. AB eksantrik daire boyunca episiklın hareketi doğu yönünde olsun, gezegenin episiklın üst yayındaki hareketi de benzer şekilde doğuya doğru, geri kalan yaydaki

¹⁷² Copernicus, s. 392.

ise batıya doğru olsun, episiklin ve gezegenin devinimleri birbirine eşit olsun. Bu yüzden episikl, eksantrik dairenin en yüksek apsidinde, gezegen ise tersine episiklin yerberisindeyken, hareketleri arasındaki ilişki birbirinin tam tersi olacaktır, çünkü hem gezegen hem de episikl kendi yarım dairelerini kat edeceklerdir. Fakat her iki ortalama çeyrekte her birinin kendi ortalama apsidi olacak ve episiklin çapı AB çizgisine paralel olacaktır. Orta noktada ise çap, AB'ye dik olacak, geri kalan zamanda AB'ye doğru hareket edecek ya da AB'den uzaklaşacaktır. Kopernik'e göre böylece, gezegenin, bu bileşik hareketle kusursuz bir daire çizmediği, aksine algılanamaz bir kavisle farklılaştığı gösterilmiş olur. Buna uygun olarak aynı KL episikli yeniden çizilsin, B de merkezi olsun. AG, bir dairenin çeyreği olarak düşünölsün ve HI, G'nin etrafındaki bir episikl olsun. CD, üç eşit parçaya bölönsün ve CM, CD'nin 1/3'üne, o da GI'ya eşit olsun. Birbirini Q'da kesen GC ve IM de eklensin. AG yayı, HI yayına, ACG açısı da 90°'ye eşit olduğundan HGI açısı da 90°'dir. IQG açısı, MQG açısına eşittir, çünkü bunlar dik açılardır. GIQ ve QCM üçgenleri eşit açılıdır ve GI tabanı CM tabanına eşit olduğundan, karşılıklı olarak kenarları birbirine eştir. QI, QC'den, QM, QG'den büyük olup QC ve QM birbirine eşittir. IQM, GQC'den büyük olup FM, ML'ye, o da AC'ye ve o da CG'ye eşittir. F ve L noktaları boyunca, M merkezi etrafında çizilen ve AB dairesine eşit olan daire, IM çizgisini kesecektir. Aynı kanıt, karşıt çeyrekte de geçerli olacaktır. Buna göre, eksantrik dairedeki episiklin düzenli hareketleriyle, episikldaki gezegen kusursuz değil de yarım bir daire çizecektir. Bu durumda NO, D merkezi etrafında Dünya'nın yıllık yörünge dairesi olarak çizilsin. IDR uzatılsın, PDS de CG'ye paralel olarak çizilsin. IDR, gezegenin hakiki hareketinin, GC ise ortalama ve düzenli hareketinin düz çizgisi olacaktır. R, gezegene göre Dünya'nın hakiki, S de ortalama yerötesi

olacaktır. RDS veya IDP açısı, her ikisinin düzenli ve görünen hareketi arasındaki, ACG ile CDI açısı arasındaki farktır. Fakat episiklin yörüngesi olarak AB eksantrik dairesi yerine, D etrafına eşit bir eş merkezli daire alınabilir, bunun yarıçapı DC'ye eşit ve diğer episiklin yörüngesi olur, yarıçapı MD'nin yarısıdır. Buna uygun olarak ilk episikl doğuya doğru, ikinci episikl ise ters yönde hareket etsin, ikinci episikldaki gezegen, iki misli hareketle dönsün. Kopernik, episikl taşıyan eksantrik daire tercih etmiştir, her daim Güneş ile C arasında kalan D merkezinin bu noktada değiştiği görülür. Fakat geri kalan görünüşler bu değişiklikle orantılı olmadığından bu gezegen hareketlerinde başka bir düzensizliğe ihtiyaç vardır. Böylece Kopernik, görünüşlere uygun modellerin yer aldığı gözlemlerle kanıtlar sunmuş ve bunu evvela Satürn, Jüpiter ve Mars için yapmıştır. Bu gezegenlerde yerötenin konumunu ve CD mesafesini bulmak gerçekten zor olup büyük önem teşkil eder, buna karşılık diğerleri yeröte ve CD mesafesi sayesinde kolayca gösterilebilir. Bu yüzden Ay'la ilgili kullandığı, gezegen Güneş'in karşısında, Güneş'in ortalama hareketinin düz çizgisine geldiğinde, Dünya'nın hareketinin getirdiği düzensizlikten kurtulduğunda gerçekleşen üç eski Güneş karşı konumunu, yeni üç karşı konumla karşılaştırma yöntemini burada da kullanmıştır.¹⁷³

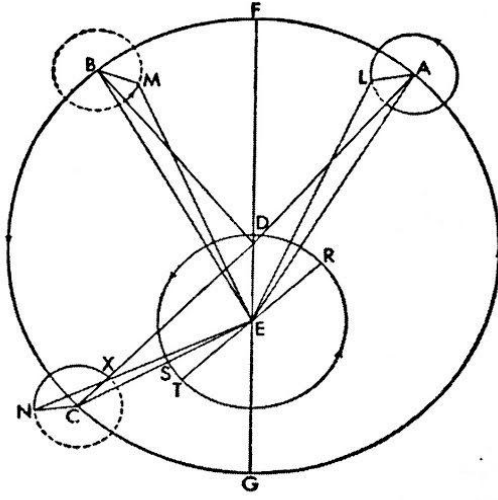
¹⁷³ Copernicus, s. 395, 396, 397.

2.3.1. Mars (Dış Gezegen)

Kopernik Mars'ın devinimlerini, üç eski Güneş karşı konumundan yararlanarak, Dünya'nın eski dönemdeki hareketliliğine bağlayarak incelemiştir.

“(…) Ptolemaios tarafından kaydedilen bu karşı konumlardan ilki Hadrianus'un 15. yılında, Mısır takvimine göre 5. ay olan Tybi'nin 26. gününde, takip eden gece yarısından 1 ekvatorial saat sonra gerçekleşmişti. Ptolemaios, bunun İkizler'in 21° 'inde, buna karşılık sabit yıldızlar küresine göre $84^{\circ} 20'$ 'da olduğunu söylemiştir. İkinci karşı konumun ise Hadrianus'un 19. yılında, Mısır takvimine göre 8. ay olan Pharmuthi'nin 6. gününde, takip eden gece yarısından 3 saat önce Aslan'ın $28^{\circ} 50'$ 'sında, buna karşılık sabit yıldızlar küresine göre $142^{\circ} 10'$ 'da gerçekleştiğini kaydetmişti. Üçüncü ise, ona göre, Antoninus'un 2. yılında, Mısır takvimine göre 11. ay olan Epiphi'nin 12. gününde, takip eden gece yarısından 2 ekvatorial saat önce, Yay'ın $2^{\circ} 34'$ 'sında, buna karşılık sabit yıldızlar küresine göre $235^{\circ} 54'$ 'da gerçekleşmişti. Buna göre birinci ve ikinci karşı konum arasında 4 Mısır yılı 69 gün 20 saat ya da günün 50 dakikası vardı, gezegenin görünen hareketi, tüm devinimler dışında $67^{\circ} 50'$ 'ydi. İkinci karşı konumdan üçüncüsüne kadarsa 4 yıl 96 gün 1 saat vardı, gezegenin görünen hareketi ise $93^{\circ} 44'$ 'ydi. Bu durumda ilk aralık boyunca ortalama hareket, tüm devinimler dışında, $81^{\circ} 44'$, ikinci aralık boyunca $95^{\circ} 28'$ 'ydi. Ptolemaios, daha sonra eksantrik dairenin yarıçapı 60^p iken merkezler arasındaki tam mesafenin 12^p , buna karşılık yarıçap 10.000 birimken, tam mesafenin 2000 birim olduğunu buldu. İlk karşı konumdan en yüksek apside kadar ortalama hareket $41^{\circ} 33'$, en yüksek apsitten ikinci karşı konuma kadar $40^{\circ} 11'$, üçüncü karşı konumdan en alçak apside kadarsa $44^{\circ} 21'$ 'ydi. Oysa düzenli hareketlere dair hipotezimize göre, Dünya'nın yörünge dairesi ile eksantrik dairenin merkezleri arasında bunun $\frac{3}{4}$ 'ü kadar, yani 1500 birimlik bir mesafe olmalıdır, buna göre geri kalan $\frac{1}{4}$, yani 500 birimlik mesafe de episikl dairenin yarıçapı olur.¹⁷⁴

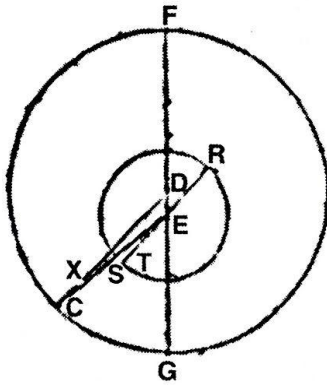
¹⁷⁴ Copernicus, s. 425, 426.



ABC eksantrik dairesi, D merkeziyle ve apsitleyi boyunca geçen FDG çapıyla birlikte çizilsin. E, yıllık devinime ait yörünge dairesinin merkezi olsun. A, B ve C Güneş karşı konumunun noktaları olsun. AF yayı $41^{\circ} 34'$, FB yayı $40^{\circ} 11'$, CG yayı ise $44^{\circ} 21'$ olsun. Episikl, A, B ve C

noktalarında tek tek, yarıçapı DE mesafesinin $1/3$ 'ü kadar çizilsin. Buna AD, BD, CD, AE, BE ve CE eklensin. Episiklda AL, BM ve CN de yer alsın, fakat DAL açısı, ADF açısına, DBM açısı, BDF açısına ve DCN açısı, CDF açısına eşit olsun. ADE üçgeninde ADE açısı $138^{\circ} 26'$ olduğundan ve FDA açısıyla birlikte iki kenar da bilindiğinden, AD 10.000 birimken, DE 1500 birimdir. Buradan, AE kenarının 1172 birim, DAE açısının ise $5^{\circ} 7'$ olduğu çıkar. Toplamında EAL açısı $46^{\circ} 41'$ 'dir. Böylece EAL üçgeninde EAL açısı da iki kenarıyla birlikte bulunur. AD 10.000 birimken AE 11.172, AL 500 birimdir. AEL açısı $1^{\circ} 56'$ olup AEL açısıyla DAE açısının toplamı, ADF ile LED açılarının arasındaki toplam farka denk gelen $7^{\circ} 3'$ 'dir. İkinci karşı konumda, BDE üçgeninde BDE açısı $139^{\circ} 49'$, BD 10.000 birimken DE kenarı 1500 birimdir. BE kenarı 11.188 birim, BED açısı $35^{\circ} 13'$, DBE açısı ise $4^{\circ} 58'$ 'dir. EBM açısı $45^{\circ} 13'$ olup, bulunan BE ve BM kenarlarının arasında yer alır, buradan BEM $1^{\circ} 53'$ ve çıkarmayla DEM açısının $33^{\circ} 20'$ olduğu anlaşılır. Buna göre LEM açısı $47^{\circ} 50'$ 'dir, böylece gezegenin ilk Güneş karşı konumundan ikincisine olan hareketi görünürdür, bulunan rakam da gözlemle uyumludur. Üçüncü Güneş karşı konumunda CDE üçgeninin CDE açısını oluşturan iki kenarı, CD ve DE

bulunur. CDE açısı $44^{\circ} 21''$ 'dir, CD 10.000 birimken CE tabanı 8988 birim, DE ise 1500 birimdir. CED açısı $135^{\circ} 39'$, DCE açısı ise $6^{\circ} 42''$ 'dir. CEN üçgeninde ECN açısı $142^{\circ} 21'$ olup iki bilinen kenar, EC ve CN arasında yer alır. Buna göre CEN açısı da $1^{\circ} 52''$ 'dir. Çıkarmayla NED açısı, üçüncü Güneş karşı konumunda $127^{\circ} 5''$ 'dir. DEM açısının $33^{\circ} 20'$ olduğu gösterildiğinden, çıkarmayla MEN $93^{\circ} 45'$ olup, ikinci ve üçüncü Güneş karşı konumu arasındaki görünen hareketin açısıdır. Bu hesap gözlemlere tam anlamıyla uyar. Mars bu son karşı konumunda, eksantrik dairenin yerötesinden $127^{\circ} 5'$ uzaklıkta yer alıp $235^{\circ} 54''$ 'da görünür. O halde Mars'ın eksantrik dairesindeki yerötenin konumu, sabit yıldızlar küresinde $108^{\circ} 50''$ 'dadır.¹⁷⁵



Buna uygun olarak Dünya'nın RST yıllık yörünge dairesi, DC'ye paralel RET çap olmak üzere, E merkezi etrafında çizilsin. R paralaksın yerötesi, T yerberisi olur. Gezegen de boylamda EX'te $235^{\circ} 54''$ 'da görülür. DXE açısı $8^{\circ} 34''$ 'dir ve görünenle düzenli hareket arasındaki farktır. Bu

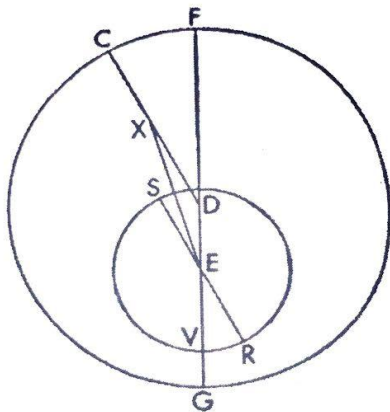
yüzden ortalama hareket $244,5^{\circ}$ 'dir. Merkezde SET açısı, DXE açısına, o da $8^{\circ} 34''$ 'ya eşittir. RS yayı, RT yayının ST yayından farkına, yani 180° 'nin $8^{\circ} 34''$ 'dan farkına eşittir, bu da gezegenin paralaksının ortalama hareketi olan $171^{\circ} 26''$ 'dir.¹⁷⁶ Kopernik böylece, Dünya'nın hareketliliğine dair bu modeliyle, Antoninus'un 2. yılında, Mısır takvimine göre Epiphi ayının 12. gününde, gün ortasından 10 düzenli saat sonra

¹⁷⁵ Copernicus, s. 426, 427.

¹⁷⁶ Copernicus, s. 426, 427, 428.

CA'dan önce gelen BC yayı daha küçük olsa bile, yine de BC yayı, CA yayından çok daha büyük bir farkla görünen hareketi geçer. F yeröte, FDG de bu dairenin çapı olsun. Dünya'nın yörünge dairesinin merkezi çapta olsun. Buna göre FCA yayının $125^{\circ} 29'$, BC yayının $66^{\circ} 18'$, FC yayının $16^{\circ} 36'$ ve DE yarıçapı 10.000 birimken, merkezler arasındaki mesafeye denk gelen DE'nin 1460 birim olduğunu bulunur. Eksantrik dairenin görünen yarıçapı ise 500 birimdir. Böylece görünen ve düzenli hareketlerin birbiriyle uyumlu ve gözlemlere uygun olduğu gösterilmiş olur. Önceki gibi şekil yeniden çizilsin. ADE üçgeninde AD ve DE kenarları bilindiğinden ve ADE açısı da $54^{\circ} 31'$ 'ya eşit olduğundan, Mars'ın ilk karşı konumundan yerberiyeye kadarki DAE açısının $7^{\circ} 24'$ olduğu ve çıkarmayla AED açısının $118^{\circ} 5'$, AE kenarının ise 9229 birim olduğu gösterilmiş olacak. Modele göre DAL açısı, FDA açısına eşittir. Toplamayla EAL açısı $132^{\circ} 53'$ 'dir. EAL üçgeninde iki kenar, verilen açıların kolları olan EA ve AL, A noktasında bulunur. AEL açısı $2^{\circ} 12'$, LED açısı $115^{\circ} 53'$ 'dir. İkinci karşı konumda da, BDE üçgeninin BDE açısının kolları DB ve BE kenarları bulunduğu ve BDE açısı $113^{\circ} 35'$ olduğundan, DBE açısının $7^{\circ} 11'$, DEB açısının $59^{\circ} 13'$, DB 10.000 birimken BE tabanının 10.668, BM'ninse 500 birim olduğu gösterilir. Toplamayla EBM'nin $73^{\circ} 36'$ olduğu bulunur. EBM üçgeninde de verilen açıyı oluşturan kenarlar bulunduğu, BEM açısının $2^{\circ} 36'$ olduğu gösterilecektir. Çıkarmayla DEM açısı $56^{\circ} 38'$ olur. MEG açısı, 180° 'nin DEM açısından farkına, yani $123^{\circ} 22'$ 'ya eşittir. Fakat LED açısının $115^{\circ} 53'$ olduğu gösterildiğinden, LEG açısı $64^{\circ} 7'$, LEG açısıyla GEM açısının toplamı ise, dört dik açı 360° 'yi verirken, $187^{\circ} 29'$ 'ya eşittir. Bu hesap, ilk karşı konumdan ikincisine kadarki görünen mesafeye uyar. Benzer şekilde üçüncü karşı konumda, DCE açısının $2^{\circ} 6'$ ve CD 10.000 birimken EC kenarının 11.407 birim olduğu gösterildiğinden ve

ECN açısı $18^{\circ} 42'$ olduğundan ve ECN üçgenindeki CE ve CN kenarları da bulunduğundan, CEN açısının $50'$ olduğu anlaşılacaktır. CEN açısıyla DCE açısının toplamı $2^{\circ} 56'$ olup, görünen hareketin DEN açısının, düzenli hareketin FDC açısından fazlalığıdır. Buna göre DEN açısı, ikinci ve üçüncü karşı konum arasında gözlenen görünen harekete yaklaşık olarak uyan $13^{\circ} 40'$ 'dir. Mars gezegeni, bu konumda, Koç takımyıldızının baş kısmından itibaren $133^{\circ} 20'$ 'da görüldüğünden, FEN açısının da yaklaşık olarak $13^{\circ} 40'$ olduğu gösterilmiştir. Eski hesaba göre eksantrik dairenin yerötesinin bu gözlemdeki konumu, sabit yıldızlar küresinde $119^{\circ} 40'$ 'daydı. Ptolemaios'un, Antoninus zamanında, bu konumu $108^{\circ} 50'$ olarak bulduğunu söyleyen Kopernik'e göre, gezegen o zamandan bu zamana $10 \frac{10}{12}^{\circ}$ doğuya hareket etmişti. Kopernik ise merkezler arasında daha kısa bir mesafe olduğunu bulmuştur. Eksantrik dairenin yarıçapı 10.000 birim bulunmuşken, bu mesafe 40 birimdi. Kopernik'e göre bu fark Ptolemaios'un ya da kendisinin hesapta yaptığı bir hatadan dolayı değil, Güneş sabitken Dünya'nın yörünge dairesinin merkezinin Mars'ın yörünge dairesinin merkezine yaklaşmış olmasından kaynaklanmıştır.¹⁷⁹



Buna göre Dünya'nın yıllık yörünge dairesi, E merkezinin etrafında çizilsin ve çapı SER de devinimlerin eşitliğinden dolayı CD'ye paralel olsun. R gezegene göre düzenli yeröte, S yerberi, T de Dünya olsun. ET uzatıldığında gezegenin görüş çizgisi, X noktasında CD'yi kesecektir. Buna göre WTX

¹⁷⁹ Copernicus, s. 429, 430, 431.

boyunca uzanan görüş çizgisi boylamda, son karşı konum için söylendiği gibi, $133^{\circ} 20'$ 'da olur. DXE açısının $2^{\circ} 56'$ 'ya eşit olduğundan, DXE açısı, ortalama hareketin XDF açısının görünen hareketin XED açısından farkıdır. Fakat SET açısı, vekili olan DXE açısına eşit olup paralakstan kaynaklanan eşitlemedir.¹⁸⁰

Bu durumda 180° 'nin $2^{\circ} 56'$ 'dan farkı, düzenli hareketin R yerötesinden itibaren paralaks ayrıklığının düzenli hareketi olan $177^{\circ} 4'$ 'ya eşittir. Böylece, Mars'ın boylamdaki ortalama hareketinin İsa'dan sonra 1523 yılında, 1 Mart'tan önceki 8. günde, öğle vaktinden 7 ekvatorial saat önce $136^{\circ} 16'$ 'da, paralaksın düzenli ayrıklığının $177^{\circ} 4'$ 'da, eksantrik dairenin en yüksek apsidinin ise, $119^{\circ} 40'$ 'da olduğu gösterilmiştir.¹⁸¹

“Ptolemaios'un üç gözleminden sonuncusunda Mars'ın ortalama hareketine göre 244° 'de, paralaks ayrıklığının ise $171^{\circ} 26'$ 'da olduğu ortaya kondu. Buna göre aradaki yıl boyunca, tüm devinimler dışında, $5^{\circ} 38'$ 'lık bir hareket söz konusuydu. Antoninus'un 2. yılından, Mısır takvimine göre 11. ay olan Epiphi'nin 12. gününün ortasından 9 saat sonrasına, Krakow meridyenine göre takip eden gece yarısından 3 ekvatorial saat öncesine, İsa'dan sonraki 1523'e, 1 Mart'tan önceki 8. güne, gün ortasından 7 saat öncesine kadar 1384 Mısır yılı 251 gün 19 dakika vardı. Yukarıdaki hesaba göre, bu süre boyunca paralaks ayrıklığının $5^{\circ} 38'$ ve 648 devinimi vardı. Buna göre Güneş'in düzenli hareketinin $257,5^{\circ}$ olduğu anlaşılmıştı. Paralaks hareketinin $5^{\circ} 38'$ 'sının $257,5^{\circ}$ 'den çıkarılması sonucunda geriye, Mars'ın boylamdaki ortalama hareketi olarak $251^{\circ} 52'$ kalır.”¹⁸²

¹⁸⁰ Copernicus, s. 431.

¹⁸¹ Copernicus, s. 432.

¹⁸² Copernicus, s. 432, 433.

2.3.2. Merkür (İç Gezegen)

Kopernik'e göre Merkür'ün hareketi, Venüs'ten ya da diğer gezegenlerin herhangi birinden daha karmaşıktır. Merkür, Güneş'ten itibaren en küçük açılal uzanımlara Terazi burcunda, en büyük uzanımlara ise karşıt burçta sahiptir. Fakat Merkür'ün en büyük uzanımları bu konumda değildir, İkizler'de ve Kova'da olduğu gibi, daha yüksekte bulunabilir. Ptolemaios'un ifadesine göre özellikle de Antoninus zamanında, başka hiçbir gezegenin görülmediği ölçüde bulunmaktadır. Bunun nedeni Dünya'nın hareketsizliği ve Merkür'ün eksantrik daire boyunca çizilen büyük episikl dairesindeki hareketi olarak gören eski matematikçiler, basit bir eksantrik dairenin, bu görünümüleri yeterli ölçüde açıklayacağını düşünmüşlerdi. Üstelik bu eksantrik dairedeki hareketin, sadece kendi merkezi etrafında değil aynı zamanda başka bir merkezin de etrafında olduğunu kaydetmişlerdir. Buna ilaveten, episikl taşıyan aynı eksantrik dairenin, küçük bir daire boyunca hareket ettiğini düşünmüşlerdir.¹⁸³

“(…) Buna göre üç merkez vardı: Episikl dairesini taşıyan eksantrik dairenin merkezi, küçük dairenin merkezi ve çağdaşlarımızın equant dediği dairenin merkezi. İlk iki daireden yararlanmışlar ve episikl dairesinin sadece, oranına ve diğer iki daireye göre, hakiki merkeze en uzak olan equant'ın merkezi etrafında düzenli hareket etmediğini kabul etmişlerdi.”¹⁸⁴

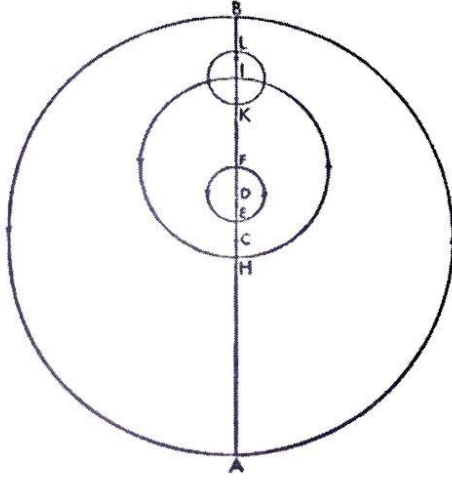
Kopernik, Merkür'ün de diğer gezegenler gibi Dünya'nın hareketliliğinden kaynaklanan bir düzensizliği olduğunu belirtmiş ve bunu açıklamak için modelinde, iki eksantrik daire ve bir episikl dairesi kullanmıştır.

“Bu son gezegenin, onu küçümseyenlerin yaptığı haksızlıktan ve kötölemesinden kurtarılması ve Dünya'nın hareketliliğine bağlı olarak hareketindeki düzenliliğin

¹⁸³ Copernicus, s. 446, 447.

¹⁸⁴ Copernicus, s. 447.

yukarıda bahsedilen diğer gezegenlerinkinden daha az belirgin olmadığının gösterilmesi adına, eskilerin tahmin ettiği üzere episikl dairesi yerine eksantrik daireye, Venüs'ünkinden farklı olan eksantrik daire atfedeceğiz. Bunun yanında bir episikl dairesi bir eksantrik dairede hareket eder, ancak gezegen bir yayda taşınmaz, çapı boyunca yukarı ve aşağı doğru gider: Böylece yukarıda ekinoksların devinmeleriyle ilgili olarak gösterildiği gibi, gezegen düzenli dairesel hareketiyle kendini gösterir".¹⁸⁵



Modelin anlaşılabilmesi için AB, merkezi C ve çapı ACB olmak üzere Dünya'nın büyük yörünge dairesi olsun. ACB üzerinde, B ile C noktaları arasında D bir merkez olarak alınsın, 1/3'ü olan CD'nin de yarıçap olduğu küçük EF dairesi çizilsin. C'den en büyük mesafesi F, en küçüğü ise E olsun. Merkür'ün

yörünge dairesi olarak HI, F merkezinin etrafında çizilsin. En yüksek I apsidiinin merkez olduğu, gezegenin kat ettiği episikl dairesi eklensin. HI, eksantrik daireye göre başka bir eksantrik daire olan ve episikl dairesini taşıyan yörünge dairesi olsun. Şekilde bütün bunlar AHCEDFKILB düz çizgisinde uzanacaktır. Gezegen K'de, yani F merkezinden en küçük KF mesafesinde konumlandırılınsın. Merkür'ün devinimlerinin başlangıç noktası olarak belirlenen noktayla birlikte F merkezinin Dünya'nın her bir devinimi için iki devinim gerçekleştirsin, gezegen aynı yönde, doğuya doğru benzer şekilde LK'de, çap boyunca HI dairesinin merkezine göre aşağı ve yukarı hareket etsin. Dünya ne zaman A veya B'de yer alırsa, Merkür'ün yörünge dairesinin merkezi, C'den en uzak konumu olan F'de, buna karşılık Dünya orta

¹⁸⁵ Copernicus, s. 447, 448.

çeyreklerdeyken, merkez C'ye en yakın konum olan E'de yer alır. Bu da Venüs'ün zıt konumunda bulunduğu anlamına gelir. Buna göre episikl dairesinin KL çapını kat eden Merkür episikl dairesini taşıyan yörünge dairesine en yakın konumda, yani K noktasındadır. Dünya AB çapına denk geldiğinde ve ortalama konumlarında yer aldığı anda, gezegen en uzak L mesafesinde bulunacaktır. Böylece yörünge dairesinin merkezinin, EF küçük dairesinin çevresinde ve gezegenin, LK çapı boyunca birbirine eşit ve Dünya'nın yıllık hareketiyle ölçülebilir ikiz devinimleri ortaya çıkmış olur. Bu sırada episikl dairesi veya FI çizgisi, HI yörünge dairesi boyunca kendi hareketiyle ilerlesin ve merkezi de sabit yıldızlar küresine göre yaklaşık 88 günde bir devinim tamamlayacak şekilde düzenli olarak hareket etsin. Paralaks hareketi dediğimiz Dünya'ninkini aşan hareketiyle, Dünya'ya göre 116 günde bir devinim yapar. Merkür'ün, kendi hareketine göre, her daim bir dairenin aynı çevresini kat etmediği, yörünge dairesinin merkezinden mesafesi oranında oldukça farklı büyüklükte, K noktasında en küçük, L noktasında en büyük, I etrafında ise ortalama bir yay çizdiği, bunun Ay için gösterildiği gibi, bir episikl dairesindeki episikl dairesine benzediği anlaşılır. Ay'ın çevre üstünde yaptığını Merkür, düzenli hareketlerden oluşan karşılıklı bir devinimle çap üzerinde yapar. Bu hareketin hem ekinoksların devinmesiyle hem de enlemle bağlantılı olduğunu söyleyen Kopernik'e göre bu model, Merkür'e ait tüm görünümler için yeterlidir.¹⁸⁶

“Buna göre Ptolemaios Merkür'ü, Antoninus'un 1. yılında, Epiphi ayının 20. gününde, günbatımından sonra, gezegen geceleyin Güneş'in ortalama konumundan en büyük açısal mesafedeyken gözlemlemiştir. Bu zaman noktasına kadar Krakow'da 137 İsa yılı 188 gün 42,5 dakika geçmişti, buna uygun olarak hesabımıza göre Güneş'in ortalama konumu 63° 50' da, aletle gözlenen gezegen de, Ptolemaios'un söylediği gibi, Yengeç'in

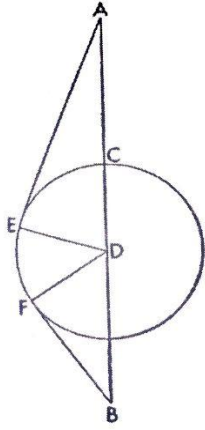
¹⁸⁶ Copernicus, s. 447, 448, 449.

7°'sindeydi. Fakat bu noktada 6° 40' olan ekinoksların devinmesinin çıkarılması sonucunda Merkür'ün konumunun, sabit yıldızlar küresinde Koç'un başlangıcından itibaren 90° 20''da, Güneş'in ortalama konumundan en büyük açısız uzanımın ise 26,5° olduğu gösterilmiş oldu.”¹⁸⁷

“Ptolemaios ikinci gözlemini Antoninus'un 4. yılında, Pharmenoth ayının 19. gününün erken saatinde, Hristiyan takviminin başlangıcından yaklaşık 140 yıl 67 gün 12 dakika geçtikten sonra gerçekleştirdi: Güneş'in ortalama konumu 303° 19''daydı. Bu anda Merkür aletle Oğlak'ın 13,5°'sinde görülüyordu, fakat Koç'un sabit başlangıcından yaklaşık olarak 276° 49''daydı ve en büyük sabah mesafesi de benzer şekilde 26,5°'ydi. Buna göre uzanım sınırları Güneş'in ortalama konumunun her iki yanında eşit olduğundan, Merkür'ün apsitlelerinin bu konumlar, yani 226° 49' ile 90° 20' arasında bir noktada olması gerekir. Merkür'ün en yüksek ve en alçak apsidinin bulunması gereken konumlar, çapa göre birbirine zıt olan 3° 34' ve 183° 34''dır. Venüs'te olduğu gibi apsitle, iki gözlemlerle ayırt edilir. Ptolemaios ilk gözlemi Hadrianus'un 19. yılında, Athyr ayının 15. günü sabahının erken saatinde Güneş'in ortalama konumu 182° 38''dayken gerçekleştirdi. Merkür'ün görünen konumu 163° 35''da olduğundan, Güneş'ten en büyük sabah mesafesi de 19° 3''ydi. Alet yardımıyla yine Hadrianus'un 19. yılında, yani İsa'dan sonra 135 yılında, Mısır takvimine göre Pachon ayının 19. gününün günbatımında, Güneş gezegenin ortalama hareketine göre 23° 15''dayken, Merkür'ün sabit yıldızlar küresinde 27° 43''da olduğu bulundu. Bu, önceki mesafeden daha büyüktü; bu yüzden Merkür'ün yerberisinin, dikkat edilmesi gerektiği gibi, bu anda yaklaşık olarak ancak 183,5°'de olabileceği açıktı.”¹⁸⁸

¹⁸⁷ Copernicus, s. 449, 450.

¹⁸⁸ Copernicus, s. 450, 451.

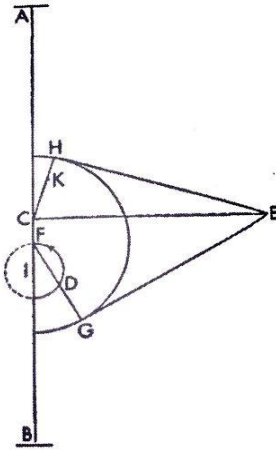


Merkezler arasındaki mesafe ve yörünge dairelerinin büyüklüklerinin karşılıklı olarak ortaya konması için AB, Merkür'ün en yüksek apsidi A ile en alçak apsidi B boyunca geçen düz çizgi olsun. Bu çizgi, aynı zamanda merkezi D olan büyük dairenin de çapı olsun. Merkezi D olarak alınan gezegenin yörünge dairesi çizilsin. AE ve BF çizgileri yörünge dairelerine degecek şekilde çizilsin. DE ve DF eklensin. Önceki iki gözlemden ilkinde gezegenin sabah mesafesinin $19^{\circ} 3'$ olduğu görüldüğünden CAE açısı da $19^{\circ} 3''$ 'dir. İkinci gözlemde en büyük akşam mesafesinin $23,25^{\circ}$ olduğu görülmüştür. AED ve BFD dik üçgenlerinde açılar bulunduğundan kenarların oranı da bulunacaktır. AD 100.000 birimken, yörünge dairesinin yarıçapı olan ED 32.639 birimdir. BD 100.000 birimken, FD 39.474 birimdir. FD, ED'ye eşit olduğuna göre yörünge dairesinin yarıçapı olan FD, AD 100.000 birimken, 32.639 birime eşittir. Çıkarma işlemiyle DB, 82.685 birim olarak bulunur. AC, AB'nin yarısına, yani 91.342 birime, CD ise merkezler arasındaki mesafe olan 8658 birime eşittir. Merkür'ün yörünge dairesinin yarıçapı, AC 1^p , yani $60'$ iken $21' 26''$ 'dir. CD $5' 4''$, DF 35.373 birim ve AC 100.000 birimken, CD 9479 birimdir. Kopernik'e göre, bu değerler her yerde aynı kalmaz, ortalama apsitle alakalı olarak bulunanlardan farklıdır.¹⁸⁹

“(…) Buna göre Theo, Hadrianus'un 14. yılında, Mesori ayının 18. gününde, günbatımından sonra, yani İsa'nın doğumundan 129 yıl 216 gün 45 dakika sonra, Güneş'in ortalama konumu $93,5^{\circ}$, yani yaklaşık olarak Merkür'ün ortalama apsidindeyken Merkür'ün akşam sınırını gözlemlemiştir. Alet yardımıyla gezegenin Aslan'daki Basiliscus'un $3^{\circ} 50'$ batısında olduğu görülmüştü, buna göre konumu 119°

¹⁸⁹ Copernicus, s. 451, 452.

45', en büyük akşam mesafesi ise $26^{\circ} 15'$ 'ydi. Ptolemaios ikinci sınırın kendisi tarafından Antoninus'un 2. yılında, Mesori ayının 21. gününde, sabah erken saatte, yani İsa'dan sonra 138 yıl 219 gün 2 dakika sonra gözlemlendiğini kaydetmişti: Güneş'in ortalama konumunun benzer şekilde $93^{\circ} 39'$, Merkür'ün en büyük sabah mesafesinin ise bu noktadan itibaren $20^{\circ} 15'$ olduğunu bulmuştu. Merkür, sabit yıldızlar küresinde $73^{\circ} 12'$ 'da görünüyordu."¹⁹⁰



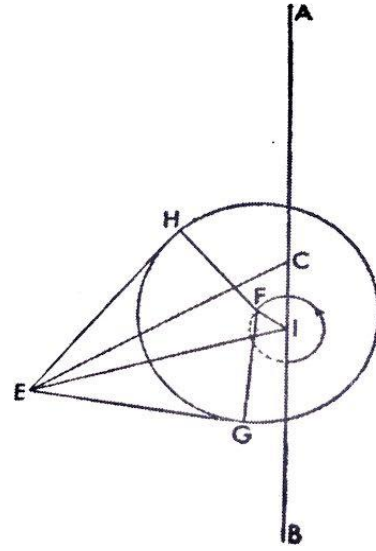
Dünya'nın büyük yörünge dairesinin çapı olan ve Merkür'ün apsitleti boyunca geçen ACDB çizilsin. Güneş'in ortalama hareketinin CE çizgisi C noktasında dik açıyla çizilsin. C ve D arasında bir F noktası belirlensin ve Merkür'ün yörünge dairesi bu F noktası etrafında çizilsin. EH ve EG düz çizgileri bu küçük daireye dokunsun ve FG, FH ve EF eklensin. F

noktasını ve FG yarıçapının AC'ye oranının bulunması gerekir. CEG açısı $26^{\circ} 15'$, CEH açısı $20^{\circ} 15'$, toplamıyla HEG açısı $46^{\circ} 30'$ 'dir. HEF açısı, HEG açısının yarısına, o da $23^{\circ} 15'$ 'ya eşittir. CEF açısı 3° 'dir. Böylece CEF dik açısının kenarları bulunmuş olur, CF 524 birim, AC'ye eşit olan CE 10.000 birimken, FE de 10.014 birimdir. Dünya, gezegenin en yüksek ve en alçak apsidindeyken CD'nin 948 birim olur. DF, CD'nin CF'den fazlalığına ve Merkür'ün yörünge dairesine ait merkezin çizdiği küçük dairenin çapına denk gelecektir. DF 424 birim, IF yarıçapı 212 birimdir. Toplamda CFI 736 birimdir. HEF üçgeninde H açısı 90° , HEF açısı $23^{\circ} 15'$ olduğuna göre EF 10.000 birimken, FH 3947 birimdir. Fakat EF 10.014, CE 10.000 birimken, FH 3953 birimdir. FK'nin 3573 birim olduğu da gösterildiğinden, HK 380 birim olup, gezegenin, yörünge dairesinin merkezi olan F'den en büyük farkıdır. En

¹⁹⁰ Copernicus, s. 452.

büyük fark, gezegen en yüksek ya da en alçak apsit ile ortalama apsit arasında olduğunda bulunur. Gezegen, yörünge dairesi F'den itibaren farklılık gösteren bu mesafeden ötürü, farklı uzaklıklarda düzensiz daireler çizer. En küçük mesafe 3573 birim, en büyük mesafe 3953 birim, ortalama mesafe ise 3763 birimdir.¹⁹¹

Böylece, Merkür yerberiden 60° 'lik bir mesafede, yerberide olduğundan daha büyük sapmalara sahip olacaktır. Kopernik'in ifadesine göre, eskiler tarafından Dünya'nın bir deviniminde, Merkür küresinin Dünya'ya iki kat daha yaklaştığına inanılırdı. Buna uygun olarak BCE açısı 60° olacak şekilde yapı oluşturulsun.¹⁹²

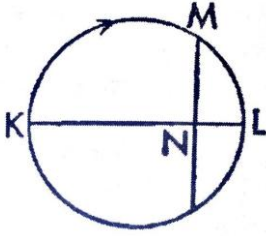


BIF açısı 120° olsun. F, Dünya'nın yer aldığı E'nin bir devinimine karşılık iki devinim yapacak şekilde yerleştirilsin. EF ve EI da eklensin. EC 10.000 birimken, CI'nın 736 birim, ECI açısının 60° olduğu gösterildiğinden ECI üçgeninde EI tabanı 9655, ACE ile CIE açısı arasındaki fark olan CEI açısı ise $3^\circ 47'$ 'ya eşittir. ACE açısı 120° 'dir. CIE açısı da $116^\circ 13'$ 'dir. Aynı zamanda FIB açısı da 120° 'dir. FIB açısı ECI açısının iki katına ve CIF açısı 180° 'nin 120° 'den farkı 60° 'ye eşit olduğundan, EIF açısı da $56^\circ 13'$ 'dir. EI 9655 birimken IF'nin 212 birime eşit olduğu ve EI ile IF'nin verilen EIF açısını oluşturduğu gösterildiğinden, FEI açısı $1^\circ 4'$ olur. CEF açısı, gezegenin yörünge dairesinin merkezi ile Güneş'in ortalama konumu arasındaki fark olan $2^\circ 44'$ 'ya, EF kenarı ise 9540 birime eşittir. Bu durumda, Merkür'ün GH

¹⁹¹ Copernicus, s. 453.

¹⁹² Copernicus, s. 454.

yörünge dairesi F etrafında çizilsin, FG ve FH de eklensin. FG ya da FH yarıçapının bu koşullardaki büyüklüğünü incelemek için, AC 10.000 birimken, çapı 380 birim olan küçük bir daire alınsın. Gezegenin, FG ya da FH düz çizgisi üzerinde 380 birime denk gelen çap ya da ona eşit bir düz çizgi boyunca F merkezine yaklaştığı veya ondan uzaklaştığı düşünölsün. BCE açısı çevrenin 60°'sini görürken KM yayı 120° olsun ve MN, KL'ye dik olarak çizilsin. MN, ML'nin iki katını ayıran kirişin yarısına eşit olduğundan çapın bir çeyreği olan LN, 95 birimdir.¹⁹³



Buna göre KN, KL'nin $\frac{3}{4}$ 'üne, yani 285 birime eşittir. KN çizgisi ve gezegenin en küçük mesafesi toplanarak bu konum için aranan mesafeyi verir. FG, FH'ye, o da, AC 10.000 ve EF 9540 birimken, 3858 birime eşittir. Böylece, FEG ya da FEH açısı da bulunacaktır. FG, FH'ye, o da, EF 10.000 birimken, 4044 birime eşittir ve FG, FH'ye, o da 23° 52''lik kirişe eşittir. Toplamıyla GEH açısı 47° 44''dır. En alçak apsite ve benzer şekilde ortalama apsite sadece 46,5°'lik kısım görülür. Gezegenin yörünge dairesi Dünya'ya yerberide olduğundan daha yakınlaştığı için değil, gezegen yerberide olduğundan daha büyük bir daire çizdiği için buradaki uzanım 1° 14' daha büyük olur.¹⁹⁴

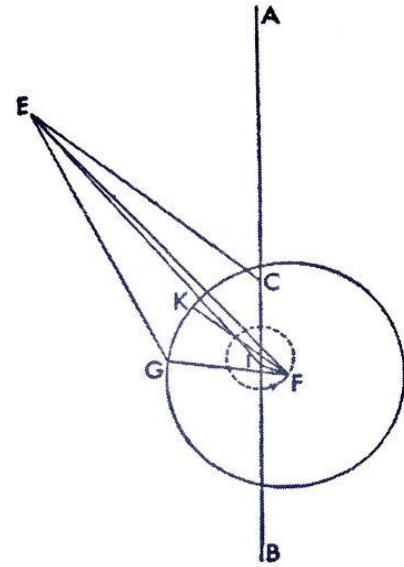
“Bu durumda Ptolemaios Philadelphus'un 21. yılında, Mısır takvimine göre Thoth ayının 19. günü sabahın seherinde gerçekleştirilen eski gözlemler sayesinde Merkür'ün, Akrep'in alnındaki yıldızlardan ilki ve ikincisi boyunca geçen düz çizgide görüldüğü ve doğuya doğru iki Ay çapı mesafesinde olup ilk yıldızdan bir Ay çapı kadar kuzeye doğru ayrıldığı bulunmuştur. Bu durumda ilk yıldızın konumunun boylamda 209° 40',

¹⁹³ Copernicus, s. 454, 455.

¹⁹⁴ Copernicus, s. 456.

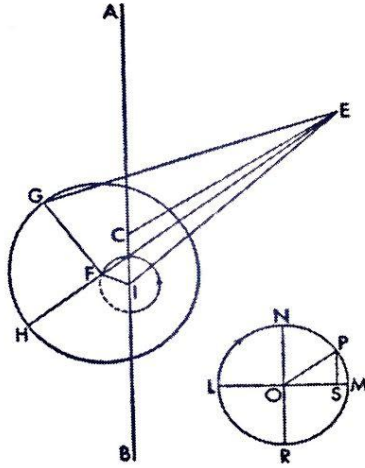
güney enleminde ise $1^{\circ} 10'$ olduğu anlaşılmıştır. Buradan Merkür'ün konumunun boylamda $210^{\circ} 40'$, kuzey enleminde ise yaklaşık $1^{\circ} 50'$ olduğu sonucu çıkmıştır. İskender'in ölümünün üzerinden 59 yıl 17 gün 45 dakika geçmişti, hesabımıza göre, Güneş'in ortalama konumu $228^{\circ} 2'$ ydi. Yıldızın sabah mesafesi $17^{\circ} 28'$ olup takip eden dört gün boyunca kaydettiğimize göre, gittikçe artıyordu. Buradan hareketle gezegenin en üst sabah sınırına ya da yörünge dairesiyle teğet noktasına henüz varmadığı, aksine, dairenin Dünya'ya yakın olan aşağı kısmında hareket ettiği açıktı. Fakat en yüksek apsist $183^{\circ} 20'$ da olduğundan, Güneş'in ortalama konumuna $44^{\circ} 48'$ vardı."¹⁹⁵

Buna uygun olarak ACB, büyük yörünge dairesinin çapı olsun ve Güneş'in ortalama hareketinin CE çizgisi, C merkezinden, ACE açısı $44^{\circ} 48'$ olacak şekilde geçsin. I'nın etrafında, üzerinde eksantrik dairenin F merkezinin yer aldığı küçük daire çizilsin. BIF açısı, ACE açısının iki katına eşit olduğundan, $89^{\circ} 36'$ dir. EF ve EI da eklensin. ECI üçgeninde iki kenar bulunmuş olur, CE 10.000 birimken, CI



736,5 birimdir. CI ve CE kenarları, verilen ECI açısını oluşturur. ECI açısı, 180° 'nin ACE açısından farkı $135^{\circ} 12'$ 'ya, EI kenarı 10.534 birime, CEI açısı da ACE açısının EIC açısından farkı $2^{\circ} 49'$ 'ya eşittir. Bu yüzden CIE açısı da $41^{\circ} 59'$ dir. CIF açısı, 180° 'nin BIF açısından farkı $90^{\circ} 24'$ 'ya eşittir. Toplamıyla EIF açısı $132^{\circ} 23'$ 'ya eşit olup EFI üçgeninin bulunan EI ve IF kenarlarının arasında yer alır. EI kenarı 10.534 birim, AC 10.000 birimken, IF kenarı 211,5 birimdir. FEI açısı $50'$, EF kenarı 10.678 birimdir. CEF açısı da $1^{\circ} 59'$ dir. Buna uygun olarak LM küçük dairesi alınsın, LM

¹⁹⁵ Copernicus, s. 456, 457.

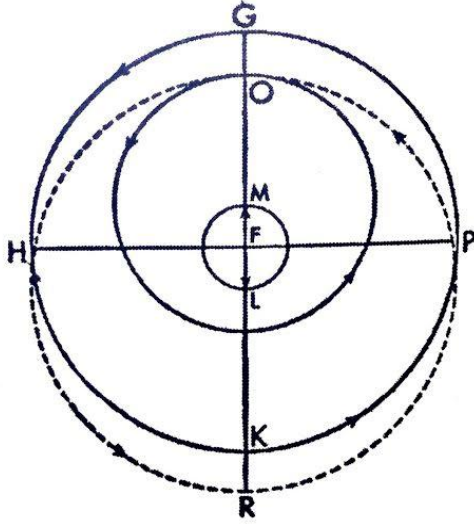


çapı, AC 10.000 birimken, 380 birimdir. LN yayı $89^{\circ} 36''$ ya eşit olsun ve LN kirişiyle birlikte LM'ye dik olan NR de çizilsin. LN'nin karesi, LM, LR çarpımına eşit olduğundan, LR kenarının, LM 380 birimken, aşağı yukarı 189 birim olduğu bulunur. LR düz çizgisi, EC'nin ACE açısını tamamladığı anda gezegenin yörünge dairesinin merkezi F'den mesafesini verir. Böylece, bu çizginin en az mesafeye eklenmesiyle bu konumdaki mesafe bulunmuş olur, yani 189 birim ile 3573 birimin toplamı 3672 birimdir. Buna göre F merkezi ve 3762 birimlik yarıçapıyla bir daire çizilsin ve EG, G noktasında dışbükey çevreyi kessin. CEG açısı, gezegenin Güneş'in ortalama konumundan görünen açısal uzanımı olan $17^{\circ} 28''$ dır. FG eklensin ve FK, CE'ye paralel olarak çizilsin. FEG açısı, CEG açısının CEF açısından farkı $15^{\circ} 29''$ ya eşittir. EFG üçgeninde iki kenar bulunmuş olur. EF 10.678 birim, FG 3762 birim ve FEG açısı $15^{\circ} 29''$ dır. EFG açısının $33^{\circ} 46'$ olduğu görülecektir. EFK açısı CEF açısına, KFG açısı da EFG açısının RFK açısından farkı $31^{\circ} 48''$ ya eşit olduğundan, gezegenin yörünge dairesinin ortalama K yerberisinden mesafesi olan KG yayı $31^{\circ} 48''$ ya eşittir. Bu gözlem zamanında paralaks ayrıklığının ortalama hareketi olan KG yayı ile 180° 'nin toplamı $211^{\circ} 48''$ ya eşittir.¹⁹⁶

Kopernik Merkür konusunda başka bir yöntemi daha incelemiştir. Ona göre bu yöntem sayesinde gezegenin yaklaşması ve uzaklaşması bariz olacak ve anlaşılacaktır. Bunun için F merkezinde dörde bölünen bir GHKP dairesi olsun ve yine F merkezi etrafında eş merkezli LM küçük dairesi çizilsin. L'nin merkez, FG

¹⁹⁶ Copernicus, s. 457, 458.

ya da FH'ye eşit olan LFO'nun yarıçap olduğu başka bir OR dairesi çizilsin. GFR ve HFP kesitleriyle birlikte bütün bu daire gruplaşmasının, F merkezi etrafında yaklaşık $2^{\circ} 7''$ lık günlük hareketle, gezegenin eksantrik dairesinin yerberisinden doğuya doğru taşındığı, yani gezegenin paralaks hareketinin Dünya'nın hareketini ekliptikte geçecek şekilde bir taşınma olduğu kabul edilsin. Bu sırada gezegen, paralaksın tam dairesi olan OR boyunca G'den diğer hareketi gerçekleştirir ve bu yaklaşık olarak Dünya'nın hareketine eşittir.¹⁹⁷



OR merkezinin aynı yıllık devrimde gezegeni taşıyan yörünge dairesinin, ilk başta ortaya konulandan iki kat daha büyük olan LFM çapı boyunca gerçekleşen salınım hareketine maruz kaldığı kabul edilsin, ileri ve geri hareket etsin. Ortalama hareketiyle Dünya, gezegenin eksantrik dairesinin yerberisine karşılık gelecek bir konuma

yerleştirilirse, bu anda gezegeni taşıyan yörünge dairesinin merkezi L'de, gezegense O'da olur. F'den en küçük mesafesinde bulunan gezegen bütün hareketiyle birlikte, yarıçapı FO olan en küçük dairesini çizecektir. Dünya ortalama apsidin yakınındayken, F'den en uzak mesafesinde H noktasına denk gelen gezegen, F merkezli daireyle orantılı olarak en büyük yaylarını çizecektir. Bu an için OR yörüngesi, F'deki merkezin birliğinden ötürü GH dairesiyle çakışır. Dünya OR yörünge dairesinin merkezi ile yerberisinin rotasında diğer uç olan M'ye doğru

¹⁹⁷ Copernicus, s. 466.

ilerlediğinden, yörünge dairesinin kendisi GK'nin ötesinde yer alır ve gezegen de yine R'de, F'den en kısa mesafede bulunur. Buradaki üç devinim, Merkür'ün eksantrik yörünge dairesinin yerötesi boyunca Dünya'nınki, LM çapı boyunca yer alan merkezin salınımı ve gezegenin aynı yöndeki FG çizgisinden başlayan hareketi, birbirine eşittir. Ancak bir tek GH ile KP kesitlerinin eksantrik dairenin apsidinden hareketi diğerlerinden farklılık gösterir.¹⁹⁸

¹⁹⁸ Copernicus, s. 467, 468.

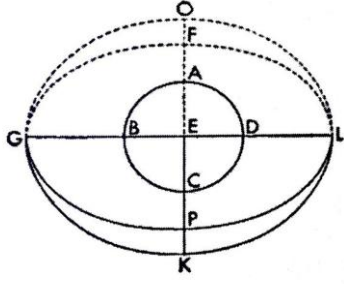
2.4. Gezegenlerin Enlem Hareketleri

Dünya'nın deviniminin, gezegenlerin boylamdaki görünen hareketleri üzerindeki etkisinin gösteren Kopernik'in, sonraki işi bu gezegenlerin enlemde birbirinden ayrılan hareketlerini açıklamaktır.¹⁹⁹

Kopernik'in belirttiği üzere, beş gezegenin yörünge daireleri ekliptik düzlemine eğiktir. Ekliptiğin çapı boyunca uzanan ortak kesiti de farklı fakat düzenli bir eğim gösterir. Satürn, Jüpiter ve Mars'ta kesit açısı, ekseni çevresinde de olduğu gibi, bu kesit çevresinde de basit fakat paralaks hareketiyle ölçülebilir bir salınım uğrar. Kesit açısı belirli bir zaman diliminde bu sınımla artar ya da azalır. Dünya Güneş'le karşı konumundaki gezegene en yakın konuma geldiğinde, gezegenin yörünge dairesinin en büyük eğimi söz konusudur. Zıt konumda en küçük eğim, ortalama konumda ise ortalama eğim gerçekleşir. Sonuç olarak, gezegen kuzey ya da güney enleminin en uzak sınırındayken, enlemi, Dünya'nın en yakınındayken Dünya'ya en uzak olduğu konumunda görüldüğünden daha büyük görünür. Bu düzensizlik, yakın olanların uzak olanlardan daha büyük görünmesine uygun olarak yalnızca Dünya'nın farklı mesafelerde bulunışundan kaynaklanır. Ancak, yine de bu gezegen enlemlerinin artış ve azalmaları arasında oldukça büyük farklar vardır. Bu, yörünge dairelerinin de eğiklikleriyle orantılı bir salınım hareketi olmadıkça meydana gelmez. Fakat salınım uğrayan cisimler için uç noktalar arasında bir ortalama değer alınması gerekir.²⁰⁰

¹⁹⁹ Copernicus, s. 489.

²⁰⁰ Copernicus, s. 492, 493.



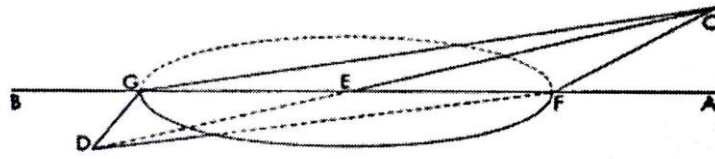
ABCD, Dünya'nın ekliptik düzlemindeki, merkezi E olan büyük yörünge dairesi olsun. Gezegenin FGKL yörünge dairesi ABCD'ye ortalama ve daimi yükselimle eğik olsun. F enlemin kuzey sınırı, K güney sınırı, G kesitin

alçalan düğümü ve BED, GB ve DL düz çizgileriyle uzatılan ortak kesit olsun. Bu dört durak, apsitleerin hareketleri boyunca gerçekleşenin dışında değişmez. Başka bir deyişle, gezegenin boylamdaki hareketinin FG dairesinin düzleminde değil, FG ile eşmerkezli ve ona eğik olan başka bir OP dairesinininde meydana geldiği anlaşılın. Bu iki daire birbirini aynı GBDL düz çizgisinde keser. Bu yüzden gezegen, OP yörünge dairesinde taşınırken aynı zamanda salınım hareketiyle FK düzlemine düşerek, FK düzlemini herhangi bir yöne doğru aşar ve böylece enlemin değişken görünmesini sağlar. Gezegen ilk olarak O noktasında, en büyük kuzey enleminde ve A'da Dünya'ya en yakın konumunda olsun. Gezegenin enlemi, OGP yörünge dairesinin en büyük enleminin açısı olan OGF'yle orantılı olarak artış gösterecektir. Bu salınım hareketi, aynı zamanda bir yaklaşma ve uzaklaşma hareketidir. Çünkü modele göre bu salınım paralaks hareketiyle ölçülebilir. Böylece, Dünya B noktasındaysa, O noktası F noktasıyla çakışacak ve gezegenin enlemi aynı düzlemde, öncekinden daha küçük, Dünya C noktasındaysa, çok daha küçük görünecektir. O salınımın en uç ve farklı kısmına geçecek, kuzey enleminin eksiltici salınımından, yani OGF'ye eşit olan açıdan ne kadar fazla enlemi varsa o kadarını bırakacaktır. Buradan hareketle, gezegenin kuzeyde F civarındaki enlemi, Dünya yerleştirildiği noktadan A noktasına varıncaya değin geri kalan CDA yarım dairesi kadar artacaktır. Dünya'nın hareketinin başlangıç noktası C olarak belirlenirken, P noktası civarına

yerleştirilen meridyen gezegeni için de aynı ilerleyiş rotası söz konusu olacaktır. Güneş'le karşı konumda olan ya da onun tarafından gizlenen gezegen, G ya da L düğümlerinden birinde yer aldığında, FK ve OP yörünge daireleri birbirleriyle en büyük eğime sahip olsalar bile, gezegen enlemi algılanamaz. Çünkü gezegen yörünge dairelerinin ortak kesitinde bulunmaktadır. Böylece Kopernik, gezegenin kuzey enleminin F'den G'ye kadar nasıl azaldığının ve güney enleminin G'den K'ye kadar nasıl artış gösterdiğinin, ancak L noktasında tümüyle yok olarak kuzeye döndüğünün kolayca anlaşılabilirliğini düşünmüştür. Bu, yüksekteki üç gezegen için de geçerlidir. Venüs ve Merkür diğer gezegenlerden enlemde, boylamda olduğu gibi az bir farkla ayrılmaz. Çünkü yeröte ve yerberi boyunca konumlanan yörünge dairelerinin ortak kesitlerine sahiptirler. Bu durumda ortalama apsitlede en büyük eğimleri, yüksekteki gezegenlerde olduğu gibi, bir salınım hareketiyle değişebilir durumdadır. Ancak bu gezegenler farklı bir salınıma uğrar. Bununla birlikte her iki salınım aynı yolla değil de, Dünya'nın devinimleriyle ölçülebilir. İlk salınım şöyledir. Gezegenlerin apsitlelerine göre Dünya'nın bir devinimi söz konusu olduğunda yeröte ile yerberi boyunca uzanan kesiti hareketsiz bir eksen olarak alan salınım hareketinin iki devinimi olur. Güneş'in ortalama hareket çizgisi ne zaman gezegenlerin yerberisinde ya da yerötesinde bulunursa, en büyük kesit açısı oluşur, en küçük açıysa ortalama boylamlarda ortaya çıkar. Fakat bundan sonra gelen ikinci salınım, hareketli eksenle farklılık gösterir. Dünya ortalama boylamda yer aldığında, Venüs ya da Merkür gezegeni her daim ekseninde, yani bu salınımın ortak kesitinde yer alır. Fakat Dünya yeröte ya da yerberiyle aynı hizada bulunduğunda, en

büyük sapmasını gösterir. Her ne kadar ilk basit eğim nedeniyle bu anda gezegenler enlemsiz görülseler de, Venüs her daim kuzeye, Merkür'se güneye bakar.²⁰¹

“(…) Eğimli ve ekliptiğe dik dairenin kutupları boyunca geçen büyük daireye karşı bu eğimleri dikkatle inceliyoruz; enlemdaki geçişler bu büyük dairelere göre gözlemlenir. Buna göre bu eğimleri anladığımızda, her bir gezegenin enlemlerini öğrenme yolu da gösterilmiş olacak. Bir kez daha yuksekteki üç gezegenle başladığımızda Ptolemaios'a göre, güney enleminin en uzak sınırlarındaki Satürn'ün Güneş'le karşı konumundaki sapmasının $3^{\circ} 5'$, Jüpiter'in sapmasının $2^{\circ} 7'$, Mars'ın sapmasının $7'$; fakat zıt konumlarda, yani Güneş'le kavuşumlarında Satürn'ün sapmasının $2^{\circ} 2'$, Jüpiter'in sapmasının $1^{\circ} 5'$, Mars'ın sapmasının ise, neredeyse ekliptiğe dokunacak ölçüde sadece $5'$ olduğunu görürüz. Buna göre enlemleri, Ptolemaios'un yaklaşık olarak kararma ve belirmelerde gerçekleştirdiği gözlemlerden saptamak mümkündür.”²⁰²



Ekliptiğe dik ve merkez boyunca uzanan düzlemde AB ekliptikle birlikte düzlemin ortak kesiti, CD en büyük kuzey ve güney sınırları boyunca çizilen üç eksantrik daireden biriyle birlikte düzlemin ortak kesiti olsun. E ekliptiğin merkezi, FEG Dünya'nın büyük yörünge dairesinin çapı olsun. D güney, C kuzey enlemi olsun, CF, CG, DF ve DG eklensin. Verilen konumlardan birinde Dünya'nın EG büyük yörünge dairesinin, gezegenin ED eksantrik dairesine oranları gezegenlerle ilgili olarak tek tek verildiğinden ve en büyük enlemlerin konumları gözlemlerden

²⁰¹ Copernicus, s. 493, 494, 495.

²⁰² Copernicus, s. 498, 499.

hareketle sunulduğundan, EGD üçgeninin dış açısı ve en büyük güney enleminin BGD açısı verildiğinden, eksantrik dairenin ekliptik düzlemine doğru en büyük güney eğiminin açısı olan iç ve karşıt nitelikli GED açısı da bulunacaktır.²⁰³

Benzer şekilde en küçük güney enlemi yani EFD açısı sayesinde en küçük eğim gösterilecektir. EFD üçgeninde EF kenarının ED kenarına oranı EFD açısıyla birlikte bulunduğundan, en küçük güney eğiminin dış açısı olan GED de bulunur. Buradan hareketle iki yükselim arasındaki farktan ekliptikle ilgili olarak eksantrik dairenin toplam salınımı elde edilir. Eğimin bu açılara karşılık, karşıt kuzey enlemleri, yani AFC ve EGC açısını ölçülür. Örnekte diğerlerine göre enlemde daha büyük bir uzanımaya sahip olan Mars ele alınacaktır. Kopernik'in ifadesine göre, Ptolemaios, Mars'ın yerberide en büyük güney enleminin yaklaşık 7° , yerötede en büyük kuzey enleminin ise $4^\circ 20'$ olduğunu göstermişti. Fakat Kopernik BGD açısının $6^\circ 50'$ olduğunu hesapladığından, AFC açısını yaklaşık $4^\circ 30'$ olduğunu bulur. Buna göre EG'nin ED'ye oranı, 1^p 'nin $1^p 22' 26''$ 'ye oranına eşit ve BCD açısı $6^\circ 50'$ olduğundan en büyük güney eğiminin DEG açısı da yaklaşık $1^\circ 51''$ 'dir. EF'nin CE'ye oranı 1^p 'nin $1^p 39' 57''$ 'ye oranına, CEF açısı da DEG açısına, yani $1^\circ 51''$ 'ya eşittir. Bu, gezegen Güneş'le karşı konumdayken, CFA açısının dış açı olması sebebiyle $4^\circ 30'$ olması sonucunu doğurur. Benzer şekilde, Güneş'le kavuşumun gerçekleştiği zıt konumda DFE açısının $5'$ olduğunu düşünülürse, DE ve EF kenarı ile EFD açısı bulunur. EDF açısı da $4'$, en küçük eğimin dış açısı olan DEG ise yaklaşık $9''$ 'dir. Bu, kuzey enleminin açısı olan CGE'nin $6'$ olduğunu gösterecektir. En küçük eğimin en büyük eğimden çıkarılması durumunda, yani $1^\circ 5''$ 'nin $9''$ 'dan farkı $1^\circ 42''$ 'dir. Bu da bu eğimin salınımıdır ve $1^\circ 42''$ 'nin yarısı yaklaşık $50,5''$ 'dir. Diğer iki gezegen, Jüpiter ve

²⁰³ Copernicus, s. 499.

AC'ye oranı da bulunur. ACF dik üçgeninin iki kenarı bulununca AFC açısı da bulunur. Bu, görünen enlem açısıdır. Bir kez daha Mars örnek alınsın ve gezegenin en büyük güney enleminin sınırı, yaklaşık en alçak apside denk gelen A civarında olsun. Buna göre gezegenin konumu, C'de olsun. Dünya E noktasındayken eğim açısı $1^{\circ} 50'$ 'dir. Dünya'yı F noktasına koyduğumuzda, paralaks hareketi de EF yayıyla uyumlu olarak 45° olur. Buna göre ED 10.000 birimken, FG çizgisi 7071 birimdir. GE ise 10.000'in 7071'den farkına, yani 2929 birime eşittir. Bu da yarıçapın geri kalan kısmıdır. ADC açısına ait salınımın yarısı $50,5'$ olur. Salınımın yarısına ait artma ve azalma oranı, DE'nin GE'ye oranı, $50,5'$ 'nin $5'$ 'ya oranı $1^{\circ} 35'$ 'ya eşittir, bu da eğim açısıdır. Bu durumda ADC üçgeninin kenarları ve açıları bulunacaktır. ED 6580 birimken CD 9040, FG 4653, AD 9036 birimdir. AEG 4383, AC ise 249,5 birimdir. AFG dik üçgeninde AG dik çizgisi 4383, FG tabanı 4653, AF kenarı ise 6392 birimdir. Böylelikle CAF açısının 90° olduğu ACF üçgeninde AC ve AF kenarları bulunur. ACF açısı $2^{\circ} 15'$ 'dir, bu da F'de konumlanan Dünya'nın görünen enlem açısıdır.²⁰⁶

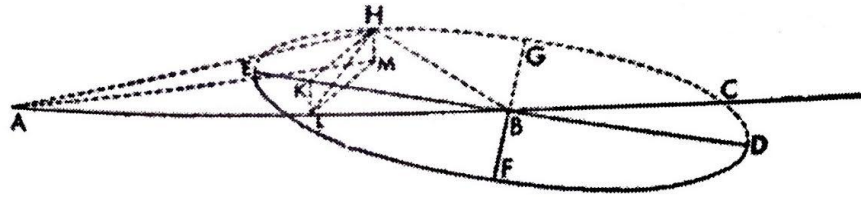
Kopernik, Venüs ve Merkür'ün enlemdeki geçişlerinin ise eşzamanlı ve karmaşık üç enlem sapması sayesinde gösterileceğini söyler.

“Tek tek anlaşılabilirleri için eskilerin daha basit kullanımından ötürü yükselim dediği kavramla başlayacağız. Dünya, gezegenin yerötesinden yerberisine doğru çizilen dairenin bir çeyreği boyunca hareket ederken yükselim kimi zaman sadece diğerlerinden farklılık gösterir; boylamdaki tam hareketlere uyacak şekilde düğümlerin ve ortalama boylamların etrafında belirir. Dünya çok yaklaştığında Venüs için $6^{\circ} 22'$ 'lık, Merkür için $4^{\circ} 5'$ 'lık kuzey ya da güney enlemi bulunur. Buna karşılık Dünya'dan en büyük mesafe Venüs için $1^{\circ} 2'$, Merkür için $1^{\circ} 45'$ söz konusudur. (...) Bu konumda Venüs'ün

²⁰⁶ Copernicus, s. 501, 502.

Dünya'dan en büyük mesafesi enleme göre $1^{\circ} 2'$, en küçük mesafesi $6^{\circ} 22'$, ortalama enlemin her bir yanında dairenin yayı yaklaşık $2^{\circ} 30'$; Merkür'ün en büyük mesafesi $1^{\circ} 45'$, dairenin toplam yayı $6^{\circ} 15'$, en küçük mesafesi $4^{\circ} 5''$ 'tir. Sonuç itibariyle Venüs'ün çizdiği dairelerin eğim açısı $2^{\circ} 30'$, dört dik açı 360° 'yi verirken Merkür'ünki $6^{\circ} 15''$ 'dir.
(...)²⁰⁷

Ekliptik düzleminde ve dik düzlemin merkezi boyunca ABC, iki düzlemin ortak kesiti, DBE ise dik düzlemin Venüs'ün yörünge dairesinin düzlemiyle ortak kesiti olsun. A, Dünya'nın merkezi, B, gezegenin yörünge dairesinin merkezi, ABE yörünge dairesinin ekliptikle eğim açısı olsun. DFEG daresi B etrafında, FBG çapı ise DE çapına dik olarak çizilsin. DE'ye dik çizilen dairenin düzlemindeki çizgiler birbirine ve ekliptik düzlemine paralel olacak şekilde ayarlanır, daire düzleminde FBG çizgisi çizilmiş olur. Kopernik, verilen eğim açısı ABE ile beraber AB ve BC düz çizgileri sayesinde gezegenin, örneğin Dünya'ya en yakın E noktasından 45° mesafedeyken, enlemden ne kadar uzakta olduğunu ortaya çıkarmak istemiştir. Ptolemaios'u izleyerek bu konumu seçtiğini söyleyen Kopernik'e göre, böylece yörünge dairesinin eğimi, boylamda Venüs'e ya da Merkür'e göre bir farklılık içerse de içermese de belirgin olabilecektir.²⁰⁸



²⁰⁷ Copernicus, s. 502, 503

²⁰⁸ Copernicus, s. 502, 503.

Bu tarz farklılıklar, D, F, E ve G sınırları arasındaki orta konumlar civarında oldukça belirgin olmalıdır. Çünkü gezegen bu dört sınırda yer aldığında, yükselimsizken sahip olduğu boylama sahiptir. Buna uygun olarak EH yayı 45° olarak alınsın, HK BE'ye, KL ve HM ekliptiğin düzlemine dik olarak çizilsin. HB, LM, AM ve AH eklensin. Böylece HK ekliptik düzlemine paralelken, LKHM dik paralelkenarı elde edilir. Bu yüzden LAM açısı boylamda eşitleme içerir ve HAM açısı enlemdeki geçiş karşılık gelir, çünkü HM, ekliptiğin aynı düzlemine diktir. Bu durumda HBE açısı 45° olduğundan, EB 10.000 birimken, HK, HE'nin iki katını ayıran kirişin yarısına, yani 7071 birime eşittir. Benzer şekilde KBL üçgeninde BKL açısı $2^\circ 30'$, BLK açısı 90° , BE 10.000 birimken BK kenarı 7071 birimdir. KL kenarı 308, BL kenarı 7064 birimdir. AB'nin BE'ye oranı yaklaşık olarak 10.000'in 7193'e oranına eşit olduğundan, HK 5086 birime, HM KL'ye, yani 221 birime eşittir, BL 5081'dir, buna göre LA ise 4919 birimdir. ALM üçgeninde AL kenarı bulunduğu ve LM HK'ye, ALM açısı da 90° 'ye eşit olduğundan AM kenarı 7075 birim, MAL açısı $45^\circ 57''$ 'dir, bu da Venüs'ün büyük paralaksı ya da eşitlemesidir. Benzer şekilde MAH üçgeninde AM kenarı 7075 birime, MH kenarı KL kenarına, MAH açısı da $1^\circ 47''$ 'ya eşit olup enlemdeki açısal yükselimidir.²⁰⁹

²⁰⁹ Copernicus, s. 503, 504.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM:

ALMAGEST VE GÖKSEL KÜRELERİN DEVİNİMLERİ ÜZERİNE'DE YER ALAN GEZEĞEN MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE FARKLARIN TESPİTİ

3.1. Güneş

3.1.1. *Almagest*'te Yer Alan Güneş Modeli

Ptolemaios'un Güneş'in hareketini açıklamak için oluşturduğu model, Hiparkos'un kullandığı modelin aynısıdır. Ptolemaios Güneş modelini oluştururken, hem Hiparkos'un tropik ve ekinokslara dair gözlemlerini, hem de kendi gözlemlerini kullanmıştır. Ptolemaios'un Güneş modeli ile ilgili orijinal olan tek şey, tropik ve ekinokslara dair yaptığı bu gözlemlerdir.

Ptolemaios, Güneş'in hareketini incelemeyen önce, yılın süre olarak uzunluğuna değinmiş ve yılın uzunluğunu Hiparkos gibi Güneş'in kendi dönüşüne göre değerlendirmiştir. Böylece yılın uzunluğunu bir tropik ya da ekinokstan aynı tropik ya da ekinoksa kadar geçen süre olarak tanımlamıştır. Ancak Ptolemaios gözlemlerini bahar ekinoksunu temel alarak yapmıştır.²¹⁰

Hiparkos'un, ekinoks ve tropiklere dair gözlemler yaptığını ve birkaç istisna dışında yılın uzunluğunu 365 ¼ gün olarak bulduğunu söyleyen Ptolemaios, bu istisnaların ek çeyrek günden fazla olmadıklarını ve bunun nedeninin aletlerin yapımı ve konumundan kaynaklanan hatalar olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle Ptolemaios, yılın uzunluğunun sabitliği hakkında şüphe duymanın gereksiz olduğunu düşünmüştür. Çünkü ona göre, farkın ne kadar az olduğunu bulmak neredeyse

²¹⁰ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 77.

imkânsızdır. Böylece, yaklaşık olarak 300 yıl içinde, tropiklerin ve ekinoksların 365 güne eklenen çeyrek günden bir gün öncesine denk geldiğini bulmuştur.²¹¹

Ptolemaios bunları belirttikten sonra, Hiparkos'un bahar ekinoksundan yaz tropiğine kadar geçen zamanı $94 \frac{1}{2}$ gün ve yaz tropiğinden güz ekinoksuna kadar geçen zamanı $92 \frac{1}{2}$ gün varsaydığını belirtmiştir. O'na göre bu veriler bize, Güneş'in ekliptikte düzenli bir hızda dolanmadığını gösterir.²¹²

Demek oluyor ki, Ptolemaios'a göre, Güneş'in görünen düzensizliği tektir ve en küçük hareketten ortalama harekete kadar geçen zaman, ortalama hareketten en büyük harekete kadar olan zamandan daha büyüktür. Bunu da eksantrik daire kullanarak açıklamak, Ptolemaios'a daha makul görünmüştür.

Ptolemaios'un sonraki adımı, Güneş'in dairesinin eksantritesinin oranını bulmak ve eksantrik dairenin apojesinin ekliptiğin hangi bölümünde olduğunu tespit etmektir. Ptolemaios'un ifadesine göre, apoje ekliptikteki en yavaş hareket tarafında, periye ise ekliptikteki en hızlı hareket tarafındadır. Apojenin yönü her zaman bahar ekinoksundan itibaren $65\frac{1}{2}^\circ$ ve eksantrisite 60 ile karşılaştırıldığında her zaman $2;30'$ dur.²¹³

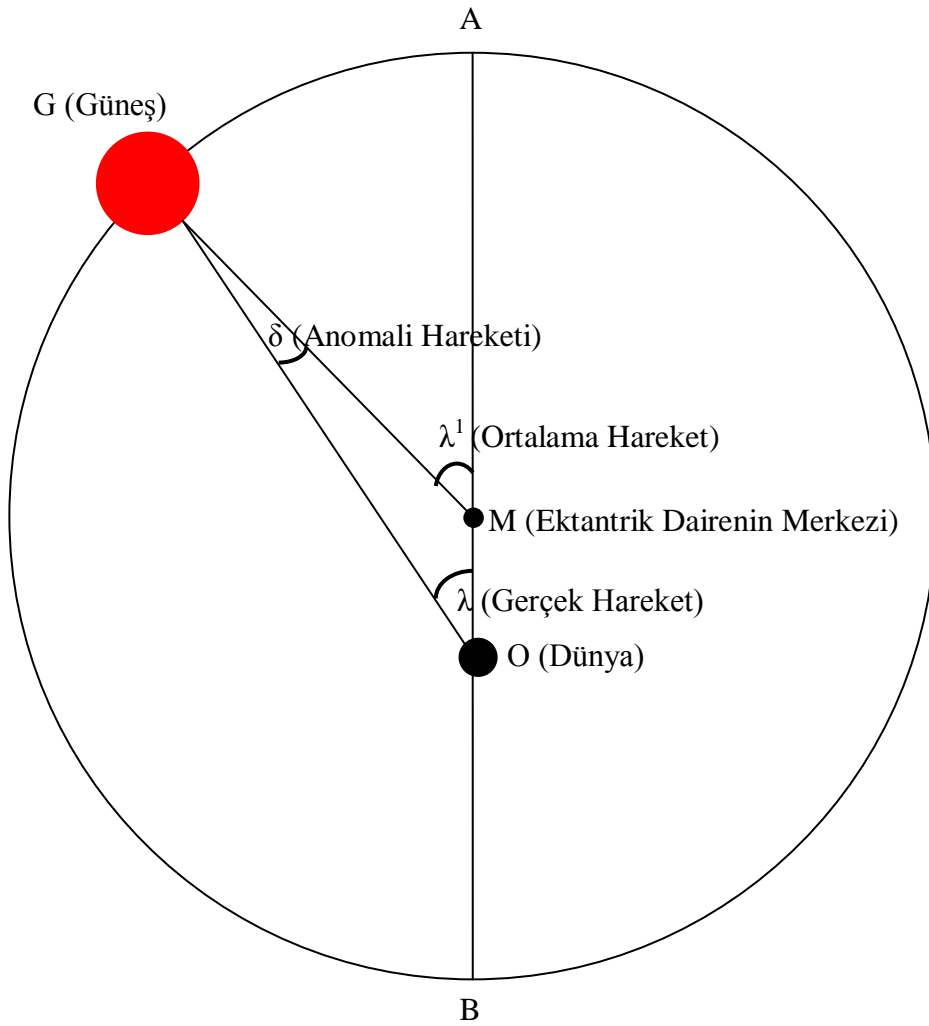
Buna göre, Güneş'i eksantrik daire üzerine çizdiğimizde Dünya'dan λ açısı ile görünür. Bu Güneş'in gerçek hareketidir. Güneş'in ortalama hareketle hareket ettiği daire ise, M merkezli eksantrik dairedir. Eksantrik dairenin merkezine göre Güneş λ^1 açısı yapar. δ açısı ise, anomali düzeltimi olarak adlandırılır. Bu şekilde Güneş'in ortalama hareketi, Güneş'in gerçek hareketinden farklı olur.

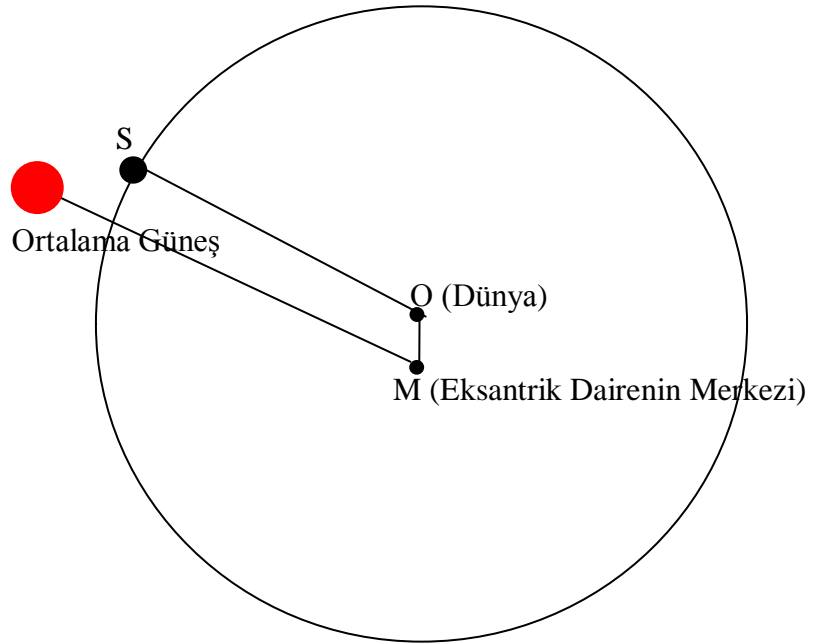
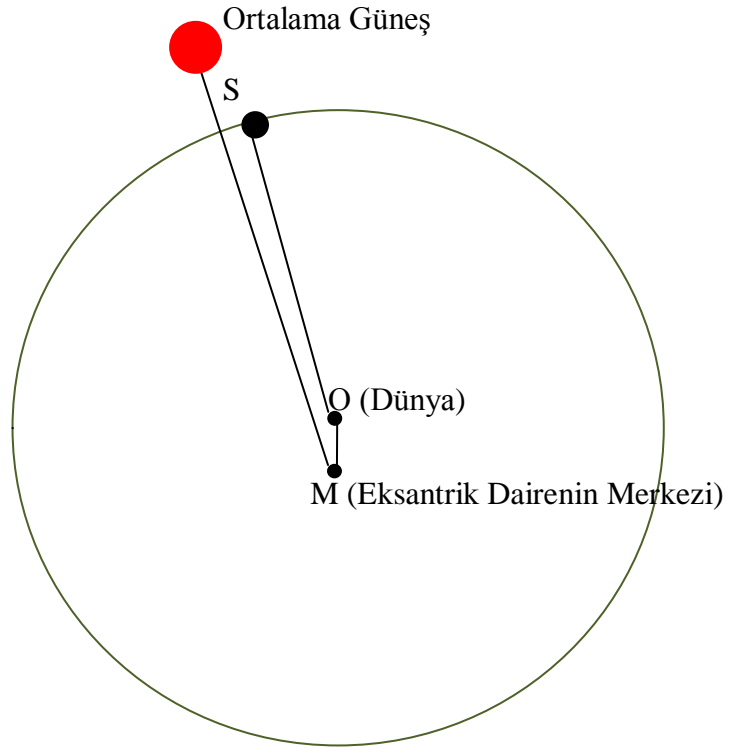
²¹¹ Ptolemaios, s. 78.

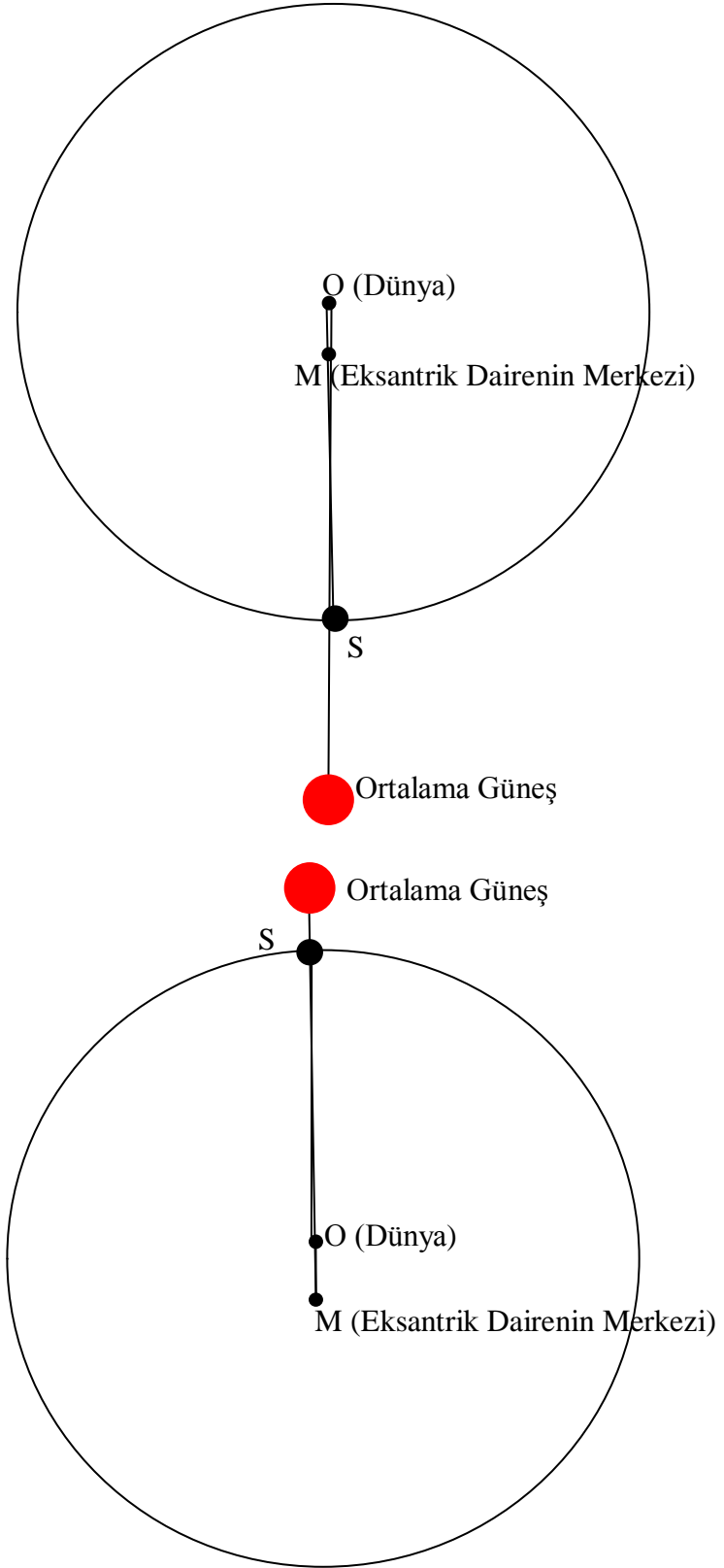
²¹² Ptolemaios, s. 93.

²¹³ Ptolemaios, s. 93.

Anomali hareketi, gerçek hareketin ortalama hareketten farklılaşmasına neden olan düzenli bir harekettir. Böylece gerçek hareket, düzensiz görünür. Sonuç olarak, düzensiz hareketler, düzenli hareketlerin (ortalama hareket ve anomali hareketi) birleşmesinden kaynaklanır.







3.1.2. Göksele Kürelerin Devinimleri Üzerine'de Yer Alan Güneş Modeli

Kopernik, Güneş'in hareketini açıklamadan önce, yılın süre olarak uzunluğuna değinir. Sabit yıldızlardan elde edilen yılın uzunluğunun, ekinokslardan ya da tropiklerden hesap edilen yıla eşi olmayıp, daha uzun olduğunu belirtir ve bunun farkına ilk varanın Hiparkos olduğunu söyler.²¹⁴

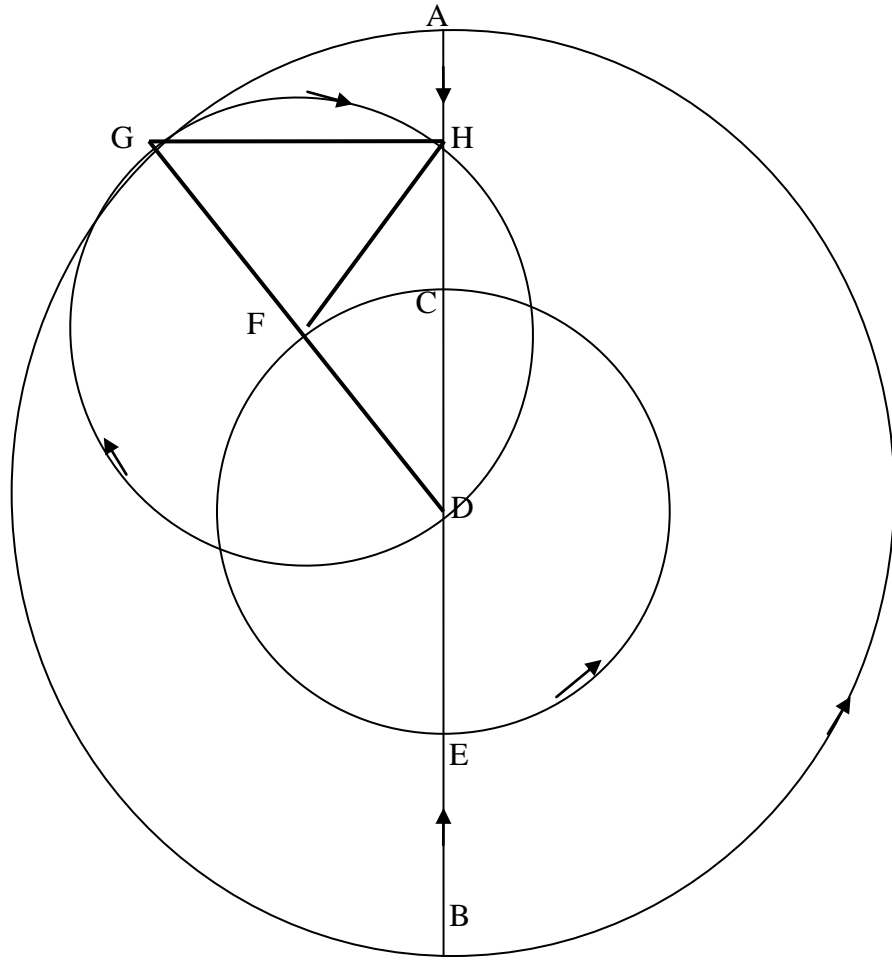
Ekliptiğin eğiminin Ptolemaios'un bahsettiği kadar büyük olmadığını söyleyen Kopernik, bunu açıklayabilmek için eskilerin kürelerin sayılarını artırdıklarından bahseder ve Dünya'ya hareket verildiğinde küreleri artırmanın gereksizleştiiğine değinir. Yıllık dönüş boyunca Güneş ile Dünya arasındaki mesafeyle belirlenen ekliptik, Dünya'nın, eksenini etrafındaki günlük dönüşüyle belirlenen ekvator dan çok daha büyüktür. Ve bu sayede yıldızlar geride kalmış görünürken, zamanın geçmesiyle birlikte ekvatorun ve eğik ekliptiğin ortak kesitlerinin ilerlediği görülür. Kopernik'e göre bu hareketin ölçüsünün düzensizliğinin oranının eskiler tarafından bilinmemesinin sebebi çok yavaş olmasıydı. Çünkü Kopernik'in ifadesine göre, yüzyıllar boyunca sadece 24° ilerlemiştir.²¹⁵

Kopernik'e göre, tropikler ve ekinoksların düzensiz bir hareketle değışmesi, Dünya'nın hareket ettiğinin çok önemli bir kanıtıdır. Ekliptiğin eğimini düzensiz bir şekilde değıştiren yükselimin hareketi konusunda da aynı durum geçerlidir. Bu nedenle kutuplara ait iki karşıt hareket söz konusu olmaktadır. Kutuplar aşağı ve yukarı taşınır ve bu dairelerin eğimini değıştiren bir hareket söz konusudur. Bununla birlikte tropik ve ekinokslara ait devinmeleri artıran ve azaltan başka bir hareket daha vardır. Bunlara salınımlar denir. Yani, düzenli hareketler yoluyla ortaya çıkan ikiz

²¹⁴ Copernicus, İstanbul 2010, s. 209.

²¹⁵ Copernicus, s. 210, 211.

hareketler söz konusudur. Göksel hareketlerin bir bileşimi olduğunu söyleyen Kopernik'e göre düz bir çizgi boyunca hareketin, birbiriyle çekişen iki dairesel hareketin oluştuğu, karşılıklı ve düzensiz bir hareketin de aslında düzenli hareketlerden meydana geldiği anlaşılır. Yani bu salınımlarda bir düzenlilik söz konusudur.²¹⁶



Kopernik'in Modellerinde Kullandığı "Tûsî Çifte Bağı"

²¹⁶ Copernicus, s. 216, 217.

Yukarıdaki şekilde, AB düz çizgisi C, D ve E noktalarında dört eşit parçaya ayrılsın. Aynı düzlemde D'nin etrafında eş merkezli ADB ve CDE daireleri çizilsin. Aynı ADB ve CDE düzleminde içteki dairenin çevresi üzerinde, bir F noktası alınsın ve merkezi F, yarıçapı FD olan bir GHD dairesi çizilsin ve bu AB düz çizgisini H noktasında kessin ve DFG çapı çizilsin. ADB dairesi, GHD dairesinin çapının iki katına sahip olsun. GHD ve CFE dairelerinin ikiz hareketleri birbirlerine çatıştığında hareketli H noktası, karşıt bir hareketle aynı AB düz çizgisi boyunca ileri ve geri gider.²¹⁷

Ekinoksların ve tropiklerin düzensiz bir şekilde devinmesi, bir yılın büyüklüğünün, ekinokslardan ya da tropiklerden birine bakıldığında bitiş noktasının düzensiz değişiminden ötürü farklı bulunması anlamına gelir. Kopernik bu nedenle, mevsim yılını yıldız yılından farklı tanımlar ve bir yılın dört mevsimde tamamlananına doğal yıl, devinimleri sabit yıldızlardan birine göre belirlenenine de yıldız yılı der.²¹⁸

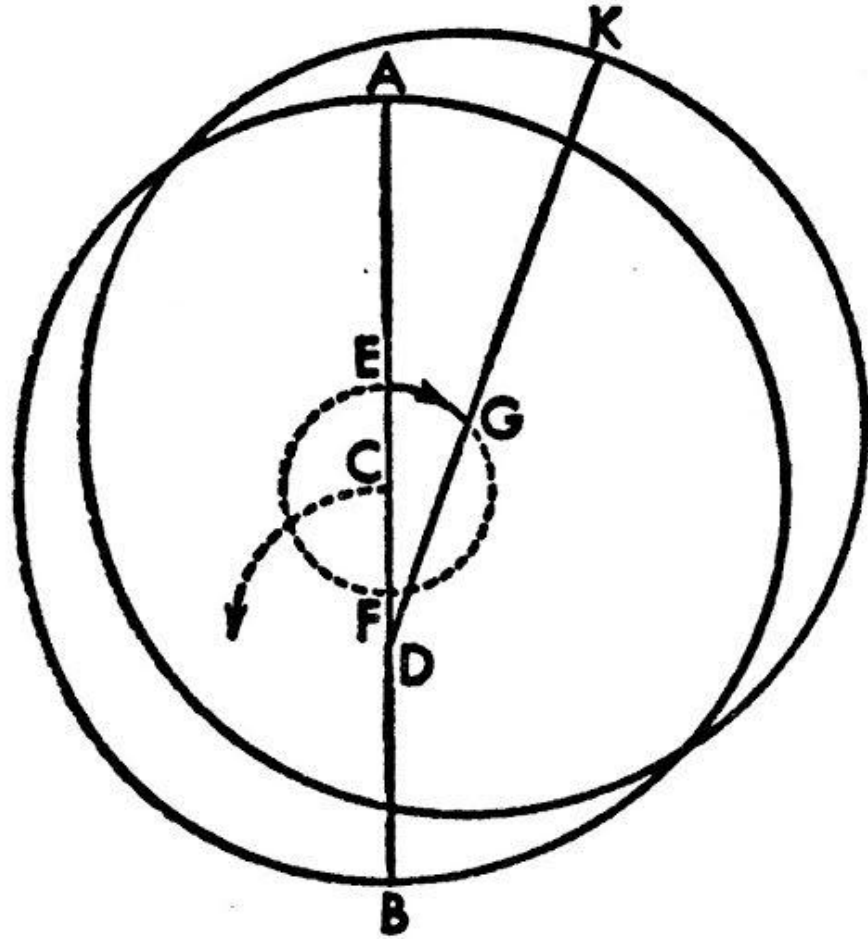
Güneş yılının düzenli olması gerektiğinden, sabit yıldızlar küresinden daha doğru bir şekilde hesaplanır. Kopernik bunu ilk kez Sabit ibn Kurra'nın bulduğunu söyler. Buna uygun olarak, kendisinden önce yapılan tüm gözlemleri değerlendiren Kopernik, yılın uzunluğunu, 6 saat 9 dakika 40 saniyeye denk gelen 365 gün 15 dakika 24 saniye 10 salise olarak bulur.²¹⁹

²¹⁷ Copernicus, s. 220, 221.

²¹⁸ Copernicus, s. 248.

²¹⁹ Copernicus, s. 251, 252, 253.

Kopernik, Güneş'in görünen düzenli hareketine dair daha iyi bir tespit yapabilmek için evrende merkez noktayı tutan Güneş'le, onu merkez kabul edip etrafında dönen Dünya'ya dair açık kanıtlar vermiştir. Kopernik'e göre, Dünya ile Güneş arasında sabit yıldızlar küresinin enginliğiyle kavranamayacak bir uzaklık varsa, bu durumda Güneş'in, aynı küredeki bir noktaya ya da yıldızla göre düzenli bir harekete sahip olduğu görülecektir.²²⁰



²²⁰ Copernicus, s. 260.

Güneş'in iki düzensizliği olduğunu söyleyen Kopernik, ilk önce yıllık farkın anlaşılması gerektiğini düşünerek bunu eksantrik daire üzerinde açıklar. Yukarıdaki şekle göre, Dünya (K noktası) merkezden kaydırılmış olan Güneş'i (D noktası) merkeze alarak eksantrik daire etrafında dolandır. Apsitlerdeki değişimden kaynaklanan Güneş'teki ikinci ve ikili bir düzensizlikten bahseden Kopernik'e göre, Güneş'in görünen ikinci düzensiz hareketi ise, Dünya'nın eksantrik dairesinin merkezinin (G noktası) küçük bir daire üzerinde hareket etmesiyle açıklanmıştır.²²¹

²²¹ Copernicus, s. 278, 279.

3.1.3. İki Model Arasındaki Farklar

Ekliptiğin eğiminin Ptolemaios'un bahsettiği kadar büyük olmadığını söyleyen Kopernik'e göre, eskiler bu eğimi açıklayabilmek için kürelerin sayısını artırmışlardı. Ancak bunun çözümü Kopernik için oldukça basitti, çünkü Dünya'ya hareket verildiğinde küre sayısını artırmak gereksizleşecekti. Ona göre, yıldızların geride kalmış görünmesinin sebebi de Dünya'nın hareketidir. Zamanla ekvator ve ekliptiğin ortak kesitlerinin ilerlediğini ve bunun yüzyıllar boyunca 24° olduğunu belirtir.

O halde Kopernik'e göre, tropikler ve ekinoksların bu düzensiz hareketi, Dünya'nın hareket ettiğine dair en büyük kanıtlardan biridir.

Kopernik'e göre, tropik ve ekinokslara ait devinmeleri değişimli olarak artıran ve azaltan başka bir hareket de salınımlardır. Ptolemaios'tan farklı olarak salınım hareketine değinmiş ve bu hareketin tanımını vermiştir. Buna göre salınım hareketi, düzenli hareketler yoluyla ortaya çıkan ikiz hareketlerdir.

Kopernik, ekinoks ve tropikler düzensiz bir şekilde devindiği için, bir yılın büyüklüğünü sabit yıldızlardan birine göre belirlenen yıldız yılına göre hesapladığını söyler. Çünkü Güneş yılının düzenli olması gereklidir. Ptolemaios ise, yılın büyüklüğünü Güneş'in kendi dönüşüne göre, diğer bir deyişle bir tropik ya da ekinokstan aynı tropik ya da ekinoksa kadar geçen süreye göre hesaplar.

Ptolemaios'tan farklı olarak, sınırsız bir evren tasarımına değinen Kopernik'e göre, Dünya ile Güneş arasında sabit yıldızlar küresinin enginliğiyle kavranamayacak bir uzaklık varsa, bu durumda Güneş, aynı küredeki bir noktaya ya da yıldızla göre düzenli bir harekete sahip olabilir.

Ptolemaios'a göre, Güneş'in görünen düzensizliği tektir. Buna göre Güneş, merkezden kaydırılmış olan Dünya'yı merkeze alarak eksantrik daire etrafında dolandır.

Kopernik'e göre ise, Güneş'in düzensiz hareketi iki tanedir. Birinci düzensizliğin anlaşılabilmesi için, bir eksantrik daire çizmiştir. Buna göre Dünya, merkezden kaydırılmış olan Güneş'i merkeze alarak eksantrik daire etrafında dolandır. İkinci düzensizliği ise, Dünya'nın eksantrik dairesinin merkezinin küçük bir daire üzerinde hareket etmesiyle açıklar.

Bütün bunlar dikkate alındığında iki model arasındaki farkların büyük oranda kozmolojik değişiklikten kaynaklandığını söyleyebiliriz. Ancak buna ek olarak, Kopernik'in Güneş'in ikinci düzensizliğinde kullandığı, geometrik-kinematik bir tasarım farkı da mevcuttur.

3.2. Ay

3.2.1. *Almagest*'te Yer Alan Ay Modeli

Ptolemaios Ay Modelini oluştururken, diğer tür gözlemlerin Ay'ın paralaksları yüzünden yanıltıcı olabileceğini belirterek, sadece Ay tutulması gözlemlerinden edindiği verileri kullanmıştır. Ay'ın boylamdaki görünür konumunun ve gerçek konumunun Yer'den görünümü, sadece Ay tutulması sırasında aynıdır.²²²

Ay'a ait iki anomali olduğunu söyleyen Ptolemaios, Ay'ın hareketini Güneş'ten daha karmaşık bir şekilde açıklamıştır. Bunun iki nedeni vardır.

1. Ay en büyük hızını yörüngesinin herhangi bir yerinde gösterebilir.
2. Ay'ın en büyük kuzey ya da güney enlemi, Ay yörüngesinin herhangi bir yerindeyken gerçekleşebilir. Başka bir ifadeyle, ekliptik ile Ay'ın yörüngesi arasındaki kesişim noktaları sabit değildir.

Bu nedenle Ptolemaios, Ay'a ait iki model sunmuştur. Birinci model Ay'ın birinci ve basit anomalisini açıklamak için, ikinci model ise Ay'ın çifte anomalisini açıklamak içindir. Birinci anomali Ay'ın ekliptikteki konumuna bağlı olarak oluşurken, ikinci anomali Ay ve Güneş'in göreceli konumlarına bağlı olarak oluşur. Buna göre Ptolemaios, Ay'ın ilk ve basit anomalisini episikl kullanarak ve ikinci anomalisini eksantrik model kullanarak açıklamanın daha uygun olduğunu belirtmiştir.²²³

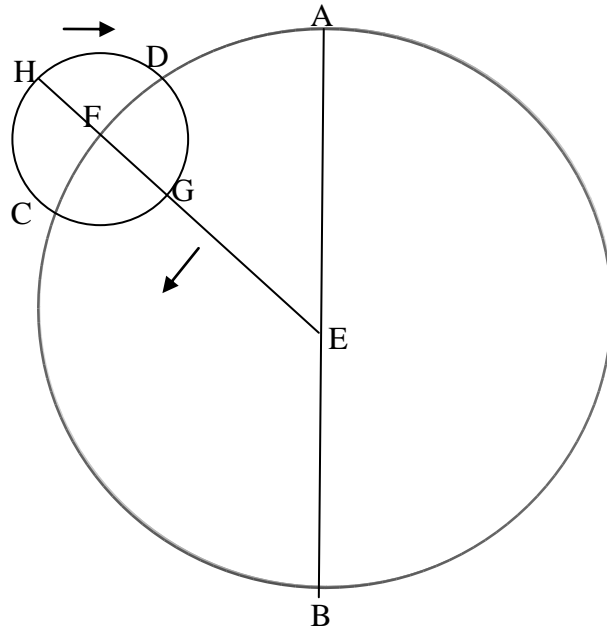
Ay tutulmasından kaynaklanan Ay'ın ilk anomalisini göstermek için oluşturduğu birinci Ay modelinde, Ptolemaios, enlemsel ilerlemeyi ve Ay'ın

²²² Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 108.

²²³ Ptolemaios, s. 120.

dairesinin eğikliği dikkate alınmamıştır, çünkü belirttiğine göre, bu miktardaki eğim Ay'ın boylamsal hareketinde kayda değer bir fark oluşturmaz.²²⁴

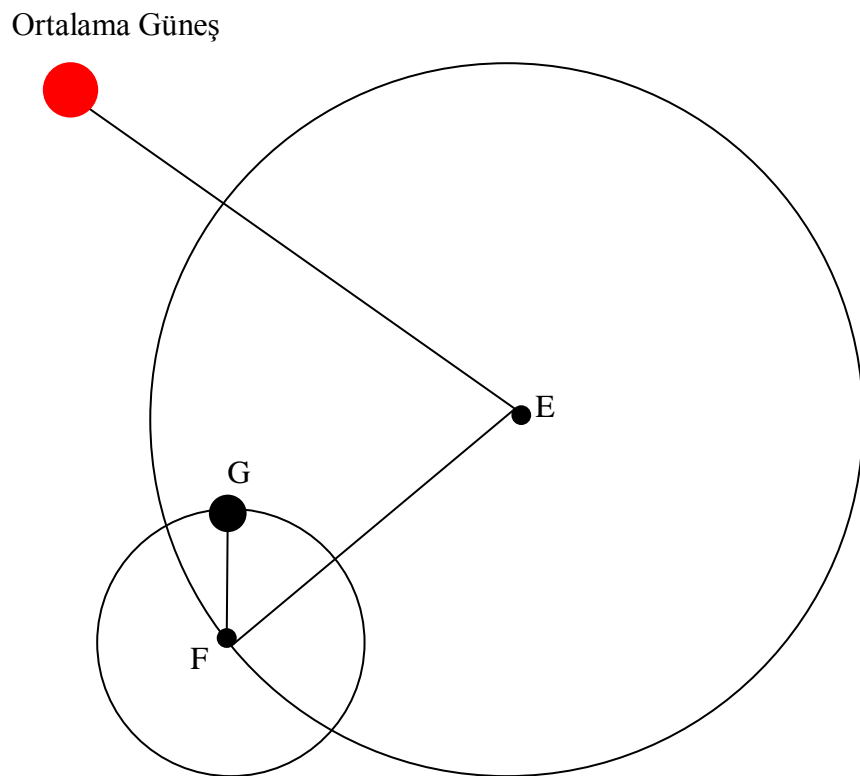
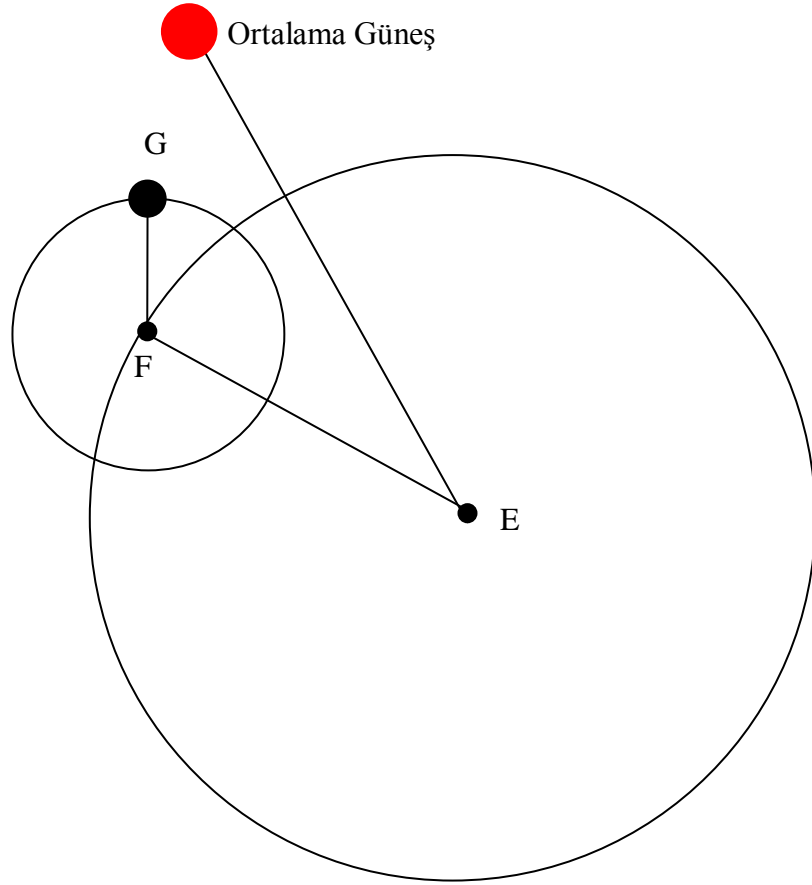
Aşağıdaki şekilde Ay'ın taşıyıcı dairesi, ekliptiğin merkezi E etrafında düzenli bir hızla, enlemsel hareketin boylamsal hareketten farkına eşit olarak doğudan batıya doğru taşınır. Bu eğik daire üzerinde, düzenli bir şekilde, batıdan doğuya doğru hareket eden, ekliptiğe göre düşünülen enlemsel hareketi oluşturan CHDG episikliği üzerinde Ay, anomalistik dönüşe göre doğudan batıya doğru ilerler.²²⁵

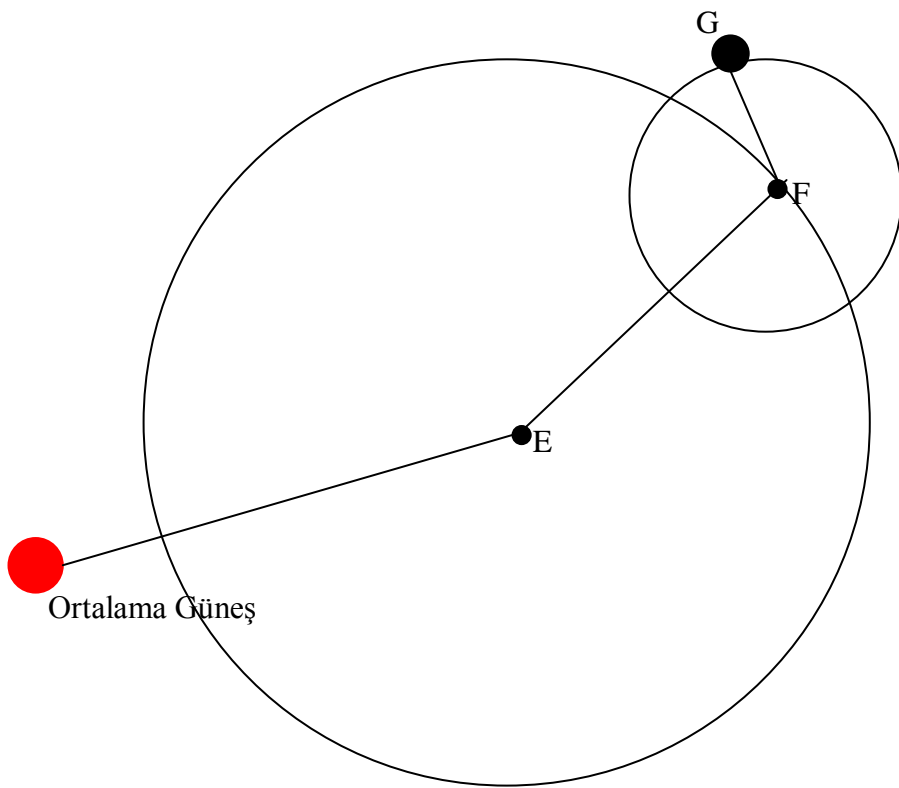
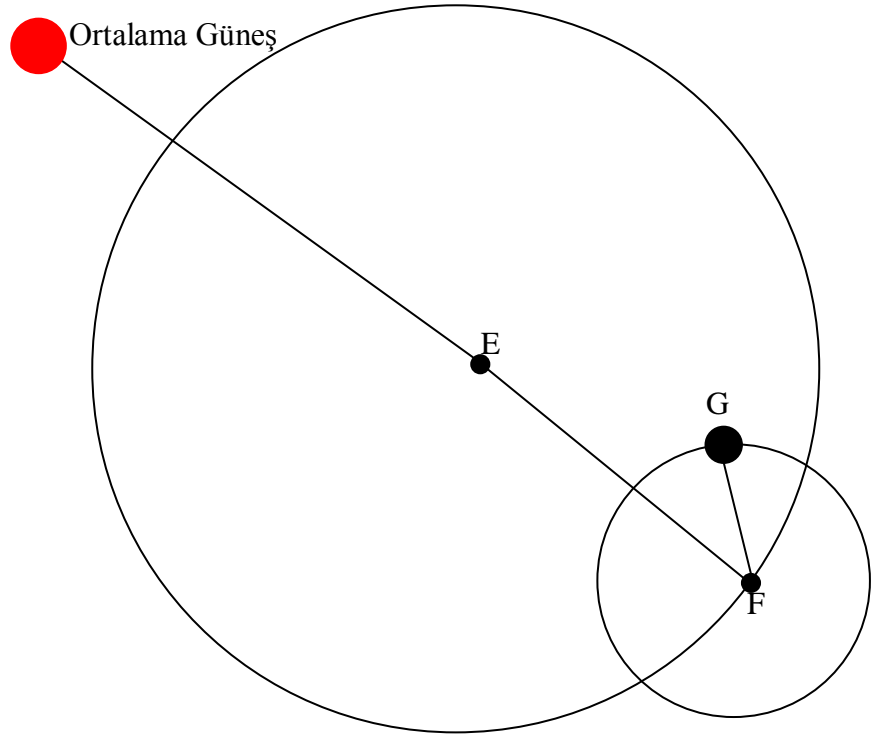


Ay'ın Birinci Modeli

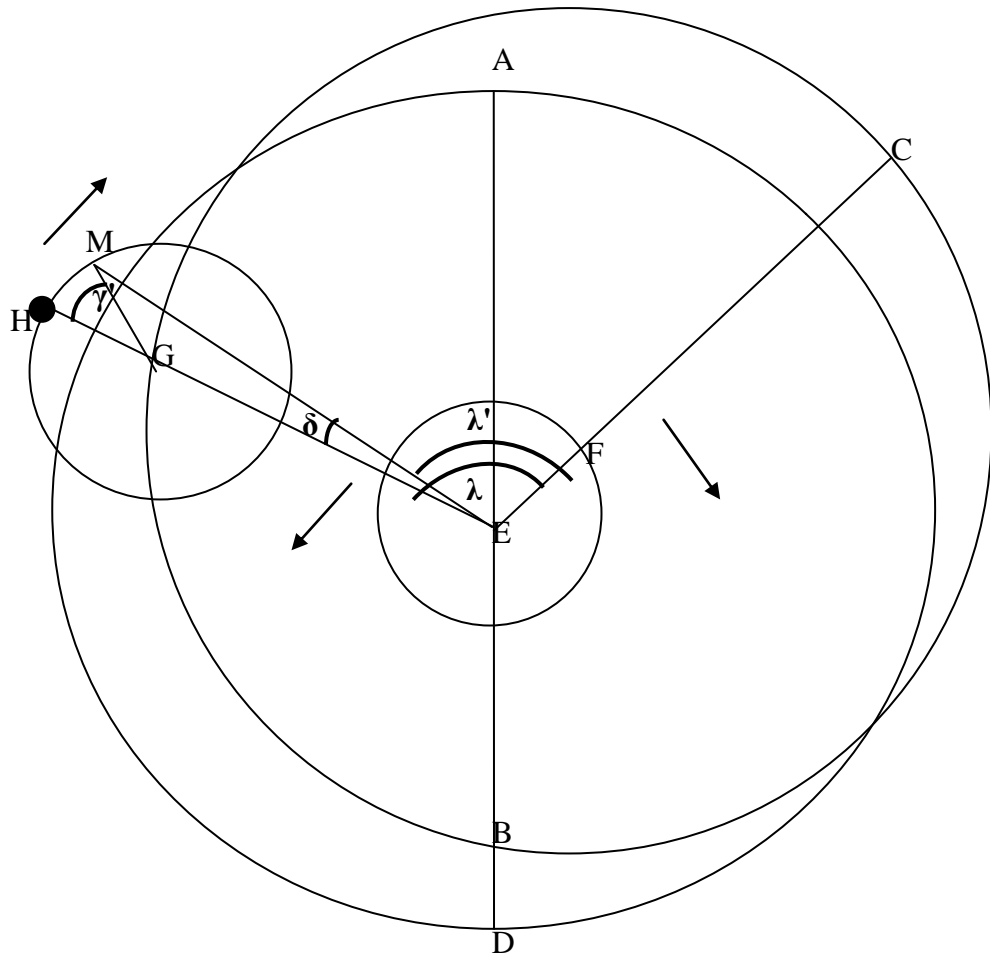
²²⁴ Ptolemaios, s. 123.

²²⁵ Ptolemaios, s. 123.





Ancak Ptolemaios'a göre, Ay'ın Güneş'e göre farklı konumlarındaki özel geçişlerine bakıldığında bu model yeterli değildir. Çünkü Ay'ın Güneş'e göre uzanımında, karşılaşma ve kavuşum konumlarında birinciye indirgenen, ancak birinci ve üçüncü çeyrekte en büyük olan ikinci bir anomalisi vardır. Bu nedenle Ptolemaios ikinci ve daha karmaşık bir Ay modeli oluşturmuştur.²²⁶



Ay'ın Çifte Anomali Modeli

²²⁶ Ptolemaios, s. 143.

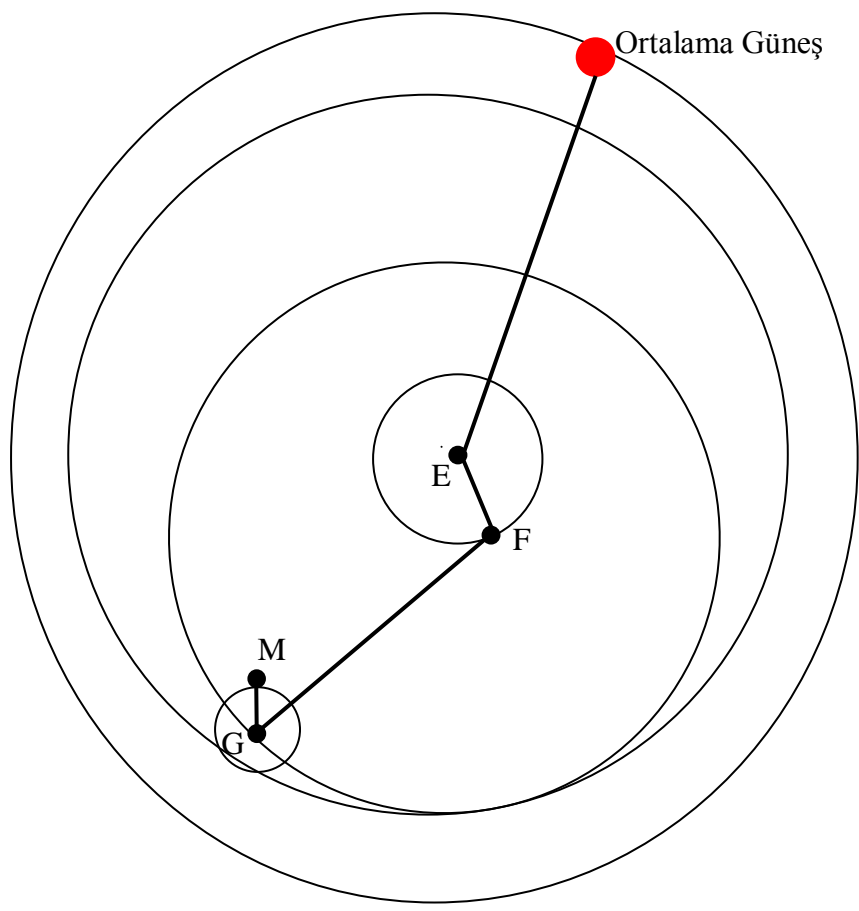
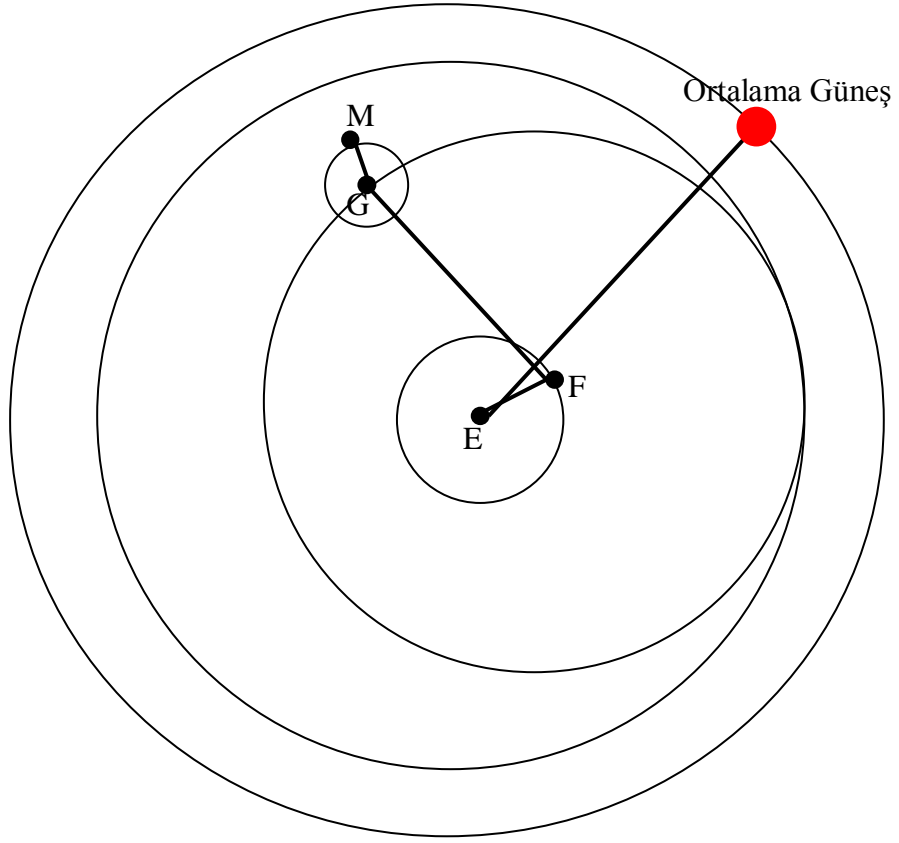
Yukarıdaki şekilde, H noktasında olan Ay, G merkezli episikl boyunca düzgün bir hızla dolanırken, episikl, F merkezli CBG deferent dairesinin etrafında dolanır. CBG deferent dairesinin merkezi ise, EF çaplı ve E merkezli küçük daire üzerinde düzgün bir şekilde dolanır. EGH ve EFC düz çizgileri sabit bir açısal hızla E noktası etrafında ancak karşıt yönlerde hareket ederler.

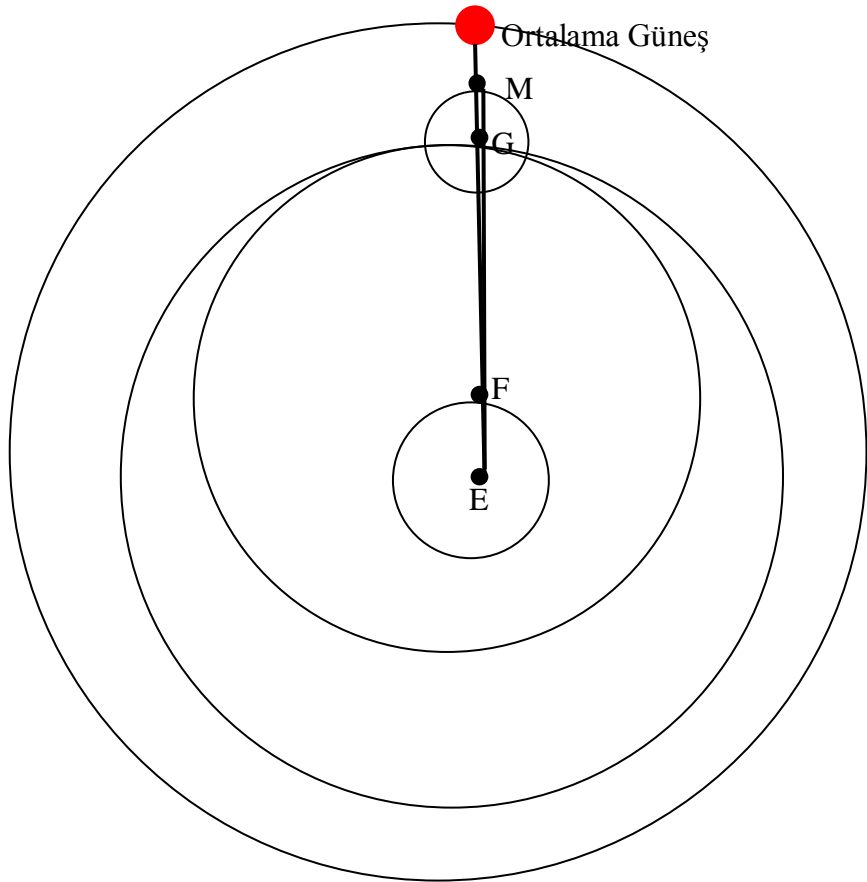
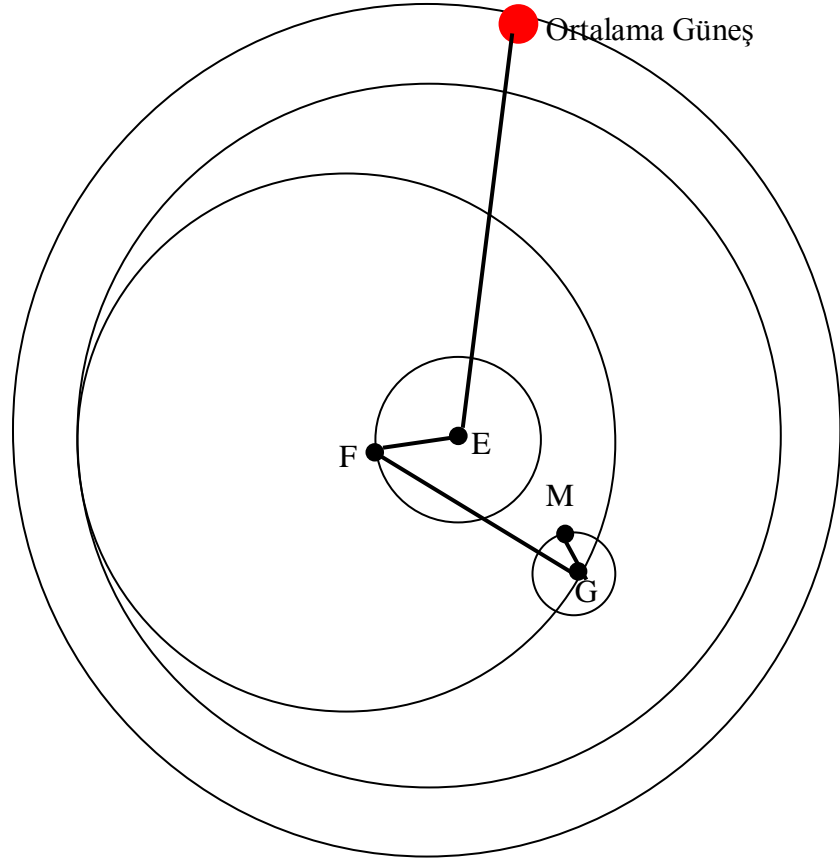
Demek oluyor ki, Ay'ın ekliptikte görünen batıdan doğuya doğru hareketinin toplamını oluşturan beş hareket vardır:

1. Ay'ın episikl üzerindeki hareketidir ve şekilde γ' ile gösterilmiştir.
2. Episiklin merkezinin, eksantrik dairenin üzerindeki λ' ile gösterilen hareketidir.
3. Üçüncüsü, eksantrik dairenin merkezinin, merkezi ekliptiğin merkezi olan küçük daire üzerindeki hareketidir.
4. Dördüncüsü, eğimli kürenin ve ekliptik düzleminin üzerinde bulunan, ekliptiğin kutupları üzerinde olan kürenin iniş ve çıkış düğümlerini burçlar kuşağının tersi yönünde döndüren harekettir.
5. Beşincisi ise, tüm kürenin, sabit yıldızlar küresine eşit olan hareketidir.

Ay'ın eksantrik dairesi ve ekliptik birbirlerine 5° 'lik bir açıyla eğimlidir. Bu dairelerin kesiştikleri iki noktaya düğüm noktaları denir. Güneş ve Ay bu düğüm noktalarından birisindeyken bir tutulma gerçekleşir. Aynı düğümde olduklarında Güneş tutulması, karşıt düğümde olduklarında Ay tutulması gerçekleşir. Bu kesişim noktaları sabit olmadığından, düğüm noktaları ekliptik boyunca ilerler.²²⁷

²²⁷ Ptolemaios, s. 162.





3.2.2. Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'de Yer Alan Ay Modeli

Kopernik'e göre, Ay'ın dairesel hareketi, hem geceye hem de gündüze ait hareketiyle yıldızların konumlarını anlaşılır ve çözümlenir kılar.

Ay, ekliptiği değil, onu kesen ve daha sonra onun tarafından kesilen kendi eğimini izler ve ona ait olan kesişim çizgisinden her iki enleme doğru geçer. Güneş ile Ay'ın bu konumlardaki kesişimleri ve karşıt konumlarda olmaları da ekliptik adını alır. Çünkü Güneş ve Ay tutulmalarının gerçekleştiği başka ortak konumlar yoktur. Ay'ın sapması başka konumlarda Güneş ve Ay'ın birbirinin ışığından mahrum kalmalarını önler, ayrıca bu şekilde geçip giderken biri diğerinin önünü kesmez.²²⁸

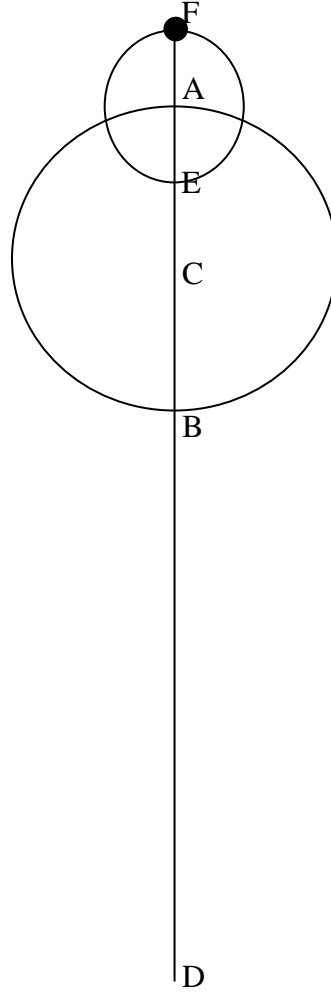
Ay'ın yörünge dairesi, gün başına yaklaşık 3''lık düzenli bir hareketle Dünya'nın merkezi etrafında eğik olarak döner ve devinimini 19 yılda tamamlar. Buna göre Ay, bu yörünge dairesinde ve kendi düzleminde doğuya doğru, kimi zaman en düşük, kimi zaman da en yüksek hızda hareket ediyor görünür. O halde daha yavaşken daha yüksekte, daha hızlıyken ise Dünya'ya daha yakın olur.²²⁹

Ay'ın paralaksları yüzünden, konumu aletlerle gözlenemediği için, tutulmaları sayesinde kesin bir şekilde hesaplanabilir. Ay tutulmaları Ay'ın seyrini kesin olarak saptamak için uygundur. Kopernik Ay modelini açıklamak için, Dünya'yla eş merkezli bir daire üzerine biri büyük diğeri küçük olmak üzere iki episikl dairesi çizmiştir. Ay, ikinci episikl dairesi üzerinde yer alır.²³⁰

²²⁸ Copernicus, İstanbul 2010, s. 296.

²²⁹ Copernicus, s. 296, 297.

²³⁰ Copernicus, s. 302, 303.

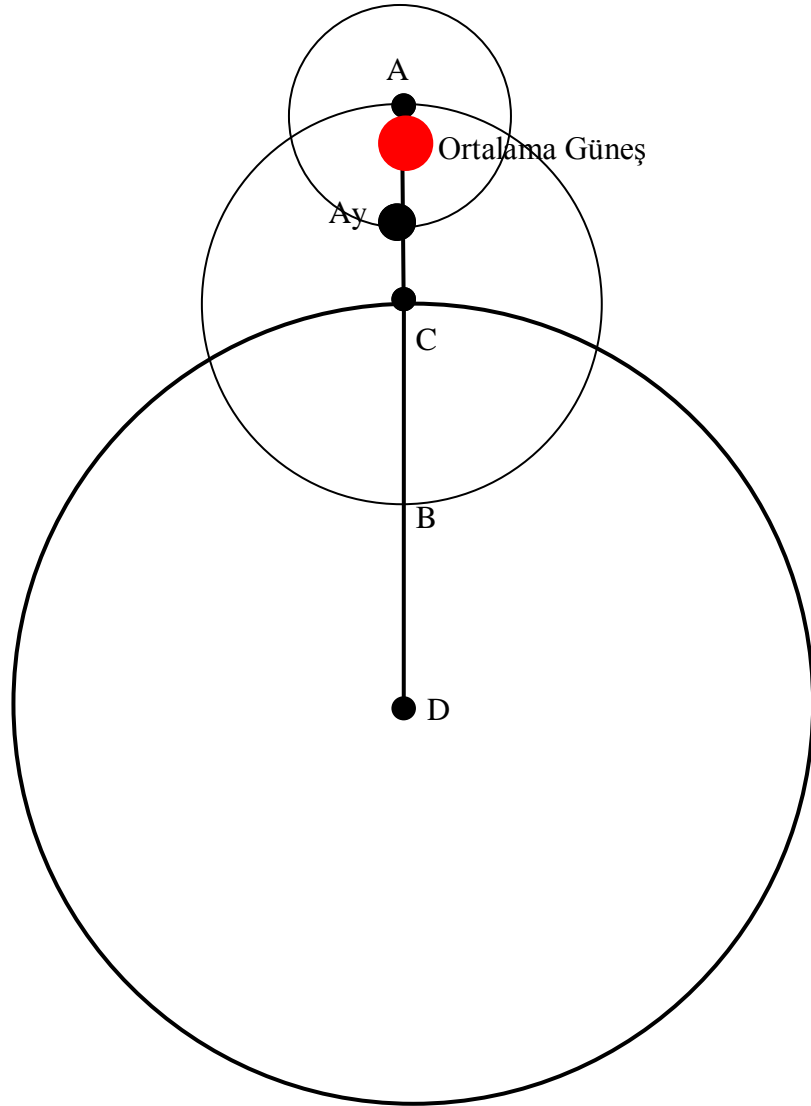


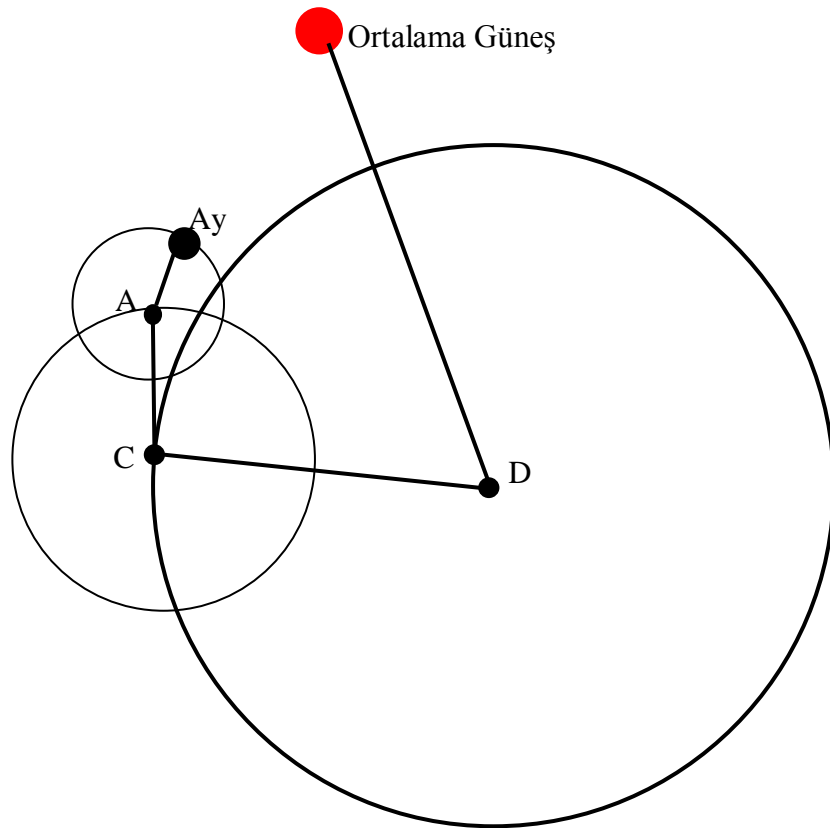
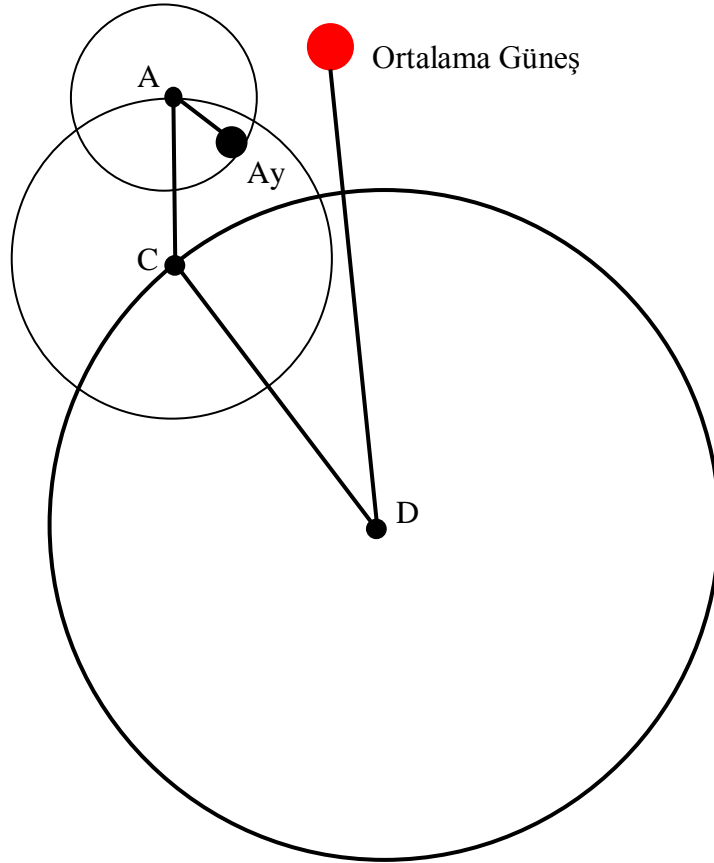
Yukarıdaki şekilde AB, ilk ve en büyük episikl, C de onun merkezi olsun. D, Dünya'nın merkezi olsun, DC düz çizgisi de D'den episiklin en yüksek apsidine uzatılsın. Merkezi A olan başka bir EF küçük episikl çizilsin. Bütün bunlar Ay'ın eğik dairesinin aynı düzleminde yer alsın. Buna göre C doğu, A da batı yönünde, yine Ay EF'nin üst konumunda yer alan F'den doğuya doğru hareket ettirilsin. DE çizgisi, Güneş'in ortalama konumunun çizgisiyle birken, Ay her daim C merkezinin en yakınında, yani E noktasında, fakat dördünlerde F noktasında, yani en uzağında olsun. Ay'ın görünümleri bu yapı ile uygundur.²³¹

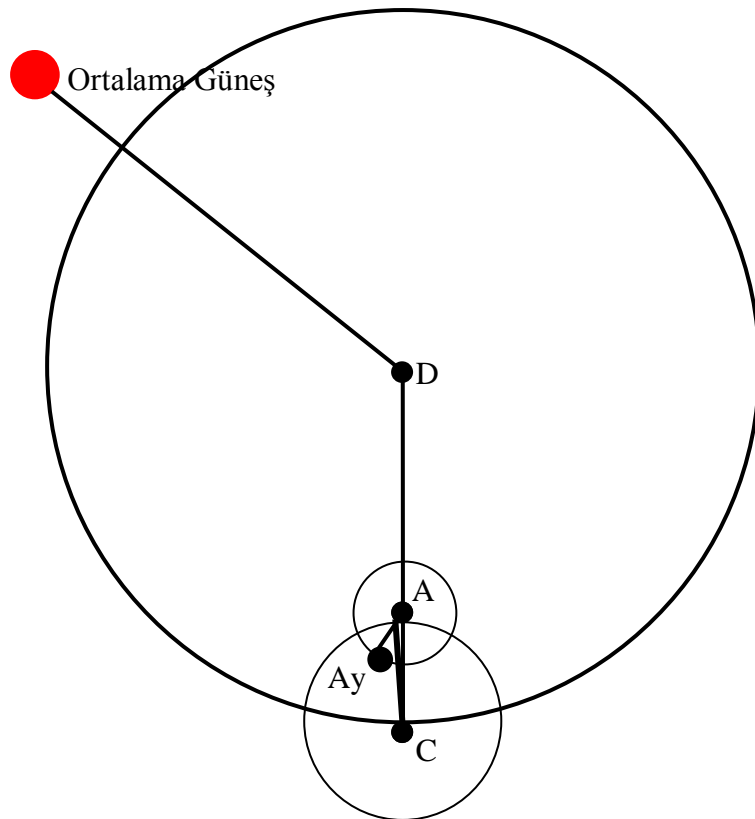
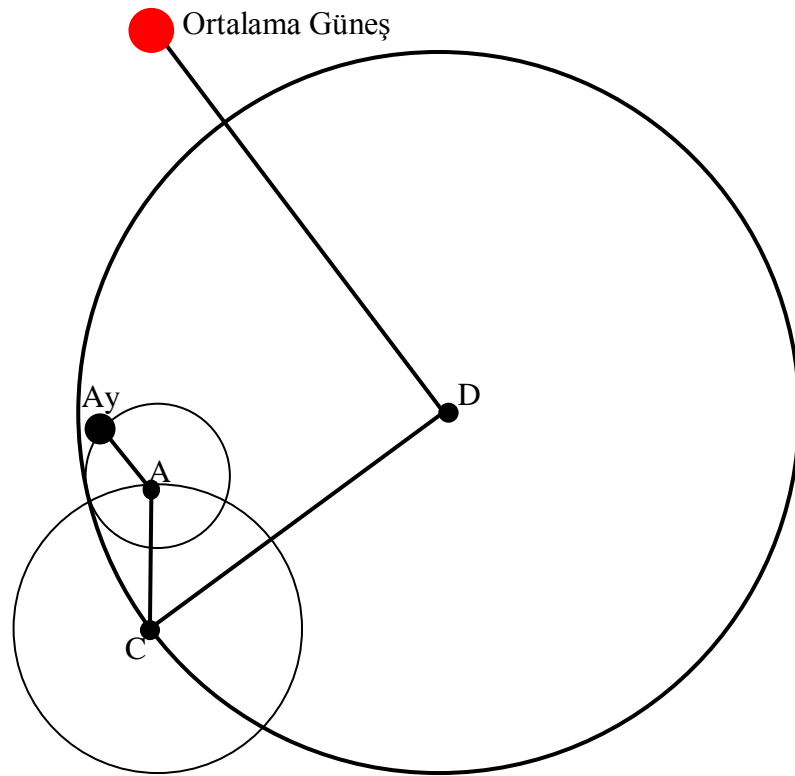
²³¹ Copernicus, s. 302.

Çünkü bu, Ay'ın iki defa EF episiklin etrafında dolaşmasıyla da uyumludur. Bu süre boyunca C, Güneş'in ortalama konumuna göre bir devinim gerçekleştirir. Yeniay ile dolunay, yarıçapı CE olan en küçük daireyi oluşturuyor görünecektir. Fakat Ay, dördünlerde yarıçapı CF olan en büyük daireyi oluşturacaktır ve bu yüzden Ay, yine kavuşumlarda ve karşı konumlarda düzenli ve görünen hareketler arasında daha küçük, fakat dördünlerde E merkezinin etrafındaki eşit olmayan ancak benzer yaylardan ötürü daha büyük farklar oluşturacaktır. Episiklin merkezi her daim Dünya'yla eş merkezli bir dairede olduğundan, böylesine farklı değil, aksine episikla uygun paralaksler gösterir.²³²

²³² Copernicus, s. 302, 303.







3.2.3. İki Model Arasındaki Farklar

Ptolemaios'a göre Ay'a ait iki anomali vardır. Buna göre, Ay bir episikl üzerinde bulunur. Episikl ise bir taşıyıcı dairenin etrafında dolanır. Ancak bu taşıyıcı dairenin merkezi, ekliptikle eşmerkezli küçük bir daire üzerinde hareketlidir.

Kopernik ise Ay modelinde, ilk olarak Dünya ile eşmerkezli bir daire çizer. Bu eşmerkezli daire üzerinde, biri büyük ve diğeri küçük olmak üzere iki episikl dairesi vardır. Ay, ikinci episikl dairesi üzerinde yer alır. Ay'ın görünümleri bu yapı ile uygundur. Episiklin merkezi her daim Dünya'yla eşmerkezli bir dairede olduğundan, episikla uygun paralakslar gösterir.

Buna göre iki model arasındaki farkın, tamamen geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklandığı görülür.

3.3. Gezegen Modelleri

3.3.1. *Almagest*'te Yer Alan Gezegen Modelleri

Gezegenler, iç gezegenler ve dış gezegenler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Güneş'ten en büyük uzanımına sahip olan Merkür ve Venüs, iç gezegendirler. Güneş'ten sınırsız uzanımına sahip olan Mars, Jüpiter ve Satürn ise dış gezegendirler. Gezegenler ekliptik boyunca doğuya doğru hareket ederler, sonra dururlar, geriye doğru giderler ve tekrar dururlar ve en sonunda doğuya doğru kalan hareketlerine devam ederler. Episiklın hızı ve gezegenin episiklın etrafındaki hızı, her gezegen için farklıdır.²³³

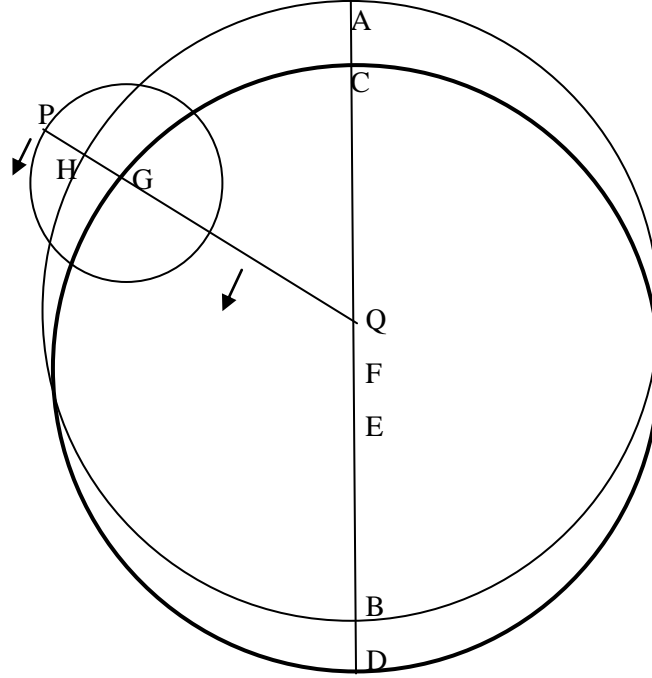
Ptolemaios'a göre, gezegenlerin hareketlerini açıklayabilmek için yeterli olacak hareketler iki tanedir. Birinci hareket, eksantrik daireler tarafından ve ikincisi, ekliptik ile eş merkezli daireler tarafından gerçekleştirilir.

Benzer şekilde, her gezegen için görünen anomaliler de iki tanedir. Birincisi, burçlar kuşağının parçaları ile ilgili olarak ve ikincisi, Güneş'e göre konumu ile ilgili olarak gözlemlenir.

Buna göre, gezegen bir episikl etrafında düzenli hareket eder. Bu episikl, bir deferent daire üzerinde ve ekuant noktası denilen bir noktaya göre düzenli hareket eder. Gözlemci deferent dairesinin merkezinden ve ekuant noktasından farklı üçüncü bir noktada bulunur. Eksantrik dairenin düzlemi, ekliptiğin düzlemine ve episiklın düzlemi de episikla eğimlidir. Genel olarak, boylamdaki hareket ile episiklın

²³³ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 118

merkezinin eksantrik daire üzerindeki hareketi, anomali ile gezegenin episikl üzerindeki hareketi anlaşılır.²³⁴

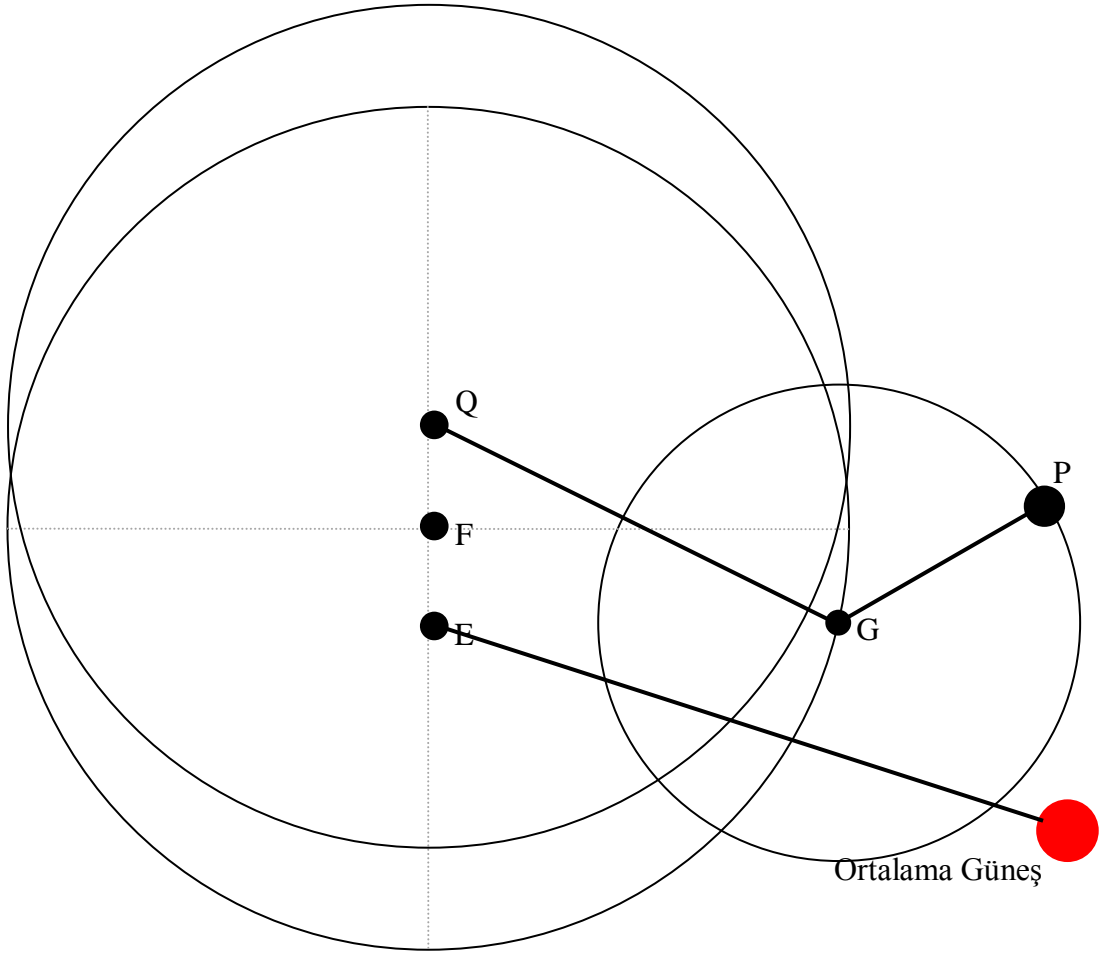


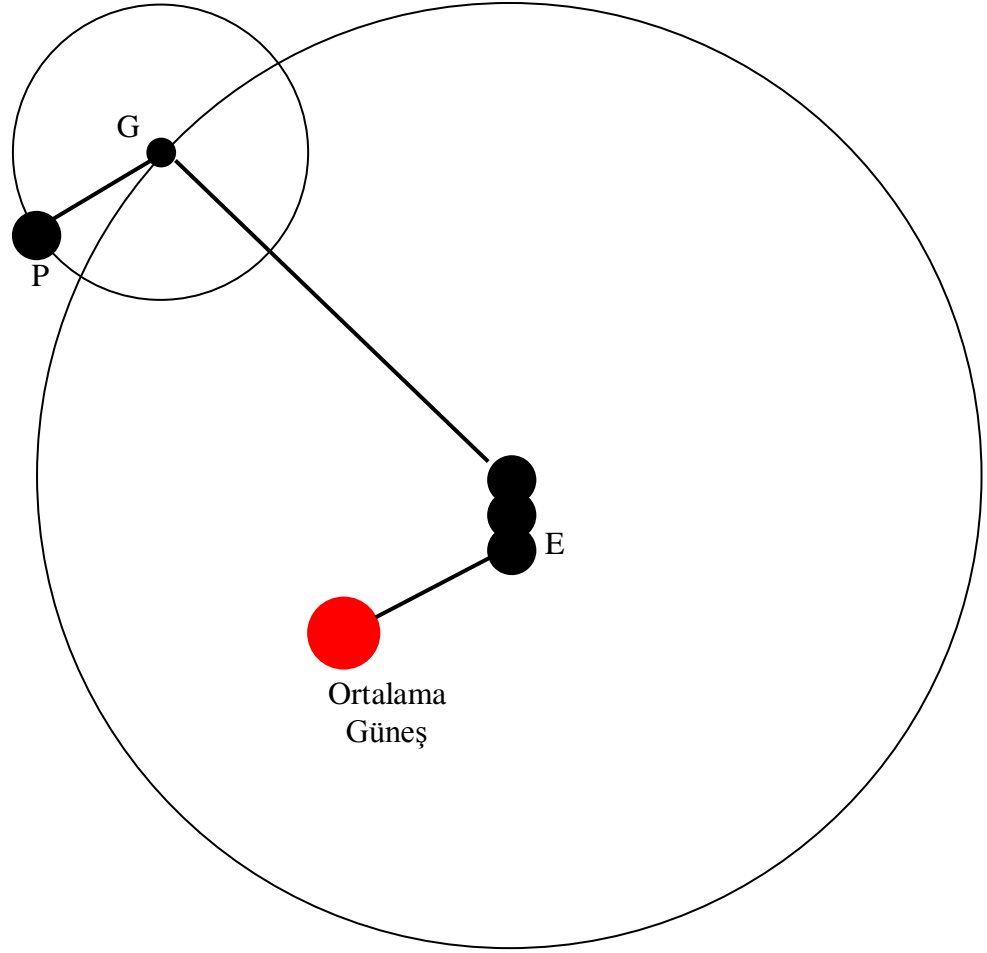
Model 1

Ptolemaios Merkür dışındaki bütün gezegenler için, hemen hemen aynı modeli kullanmıştır. Hem Merkür hem de Venüs'ün boylamda sahip olduğu ortalama hareket, Güneş'in ortalama hareketine eşittir. Diğer bir deyişle yukarıdaki şekle göre, her episikl CDG dairesi etrafında, Güneş'in ortalama hızına eşit bir ortalama hızla dolunur. Ancak Merkür için kullandığı model biraz daha farklıdır çünkü Merkür'ün iki perijesi vardır. Dış gezegenler modelinde, episiklin merkezi ile gezegen arasındaki çizgi (şekildeki GP çizgisi), Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgiye paraleldir. Venüs modelinde ise, equant ile episiklin merkezi arasındaki çizgi (şekildeki QG çizgisi) Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgiye paraleldir.²³⁵

²³⁴ Hamm, University of Toronto 2011, s. 118.

²³⁵ Hamm, s. 119.



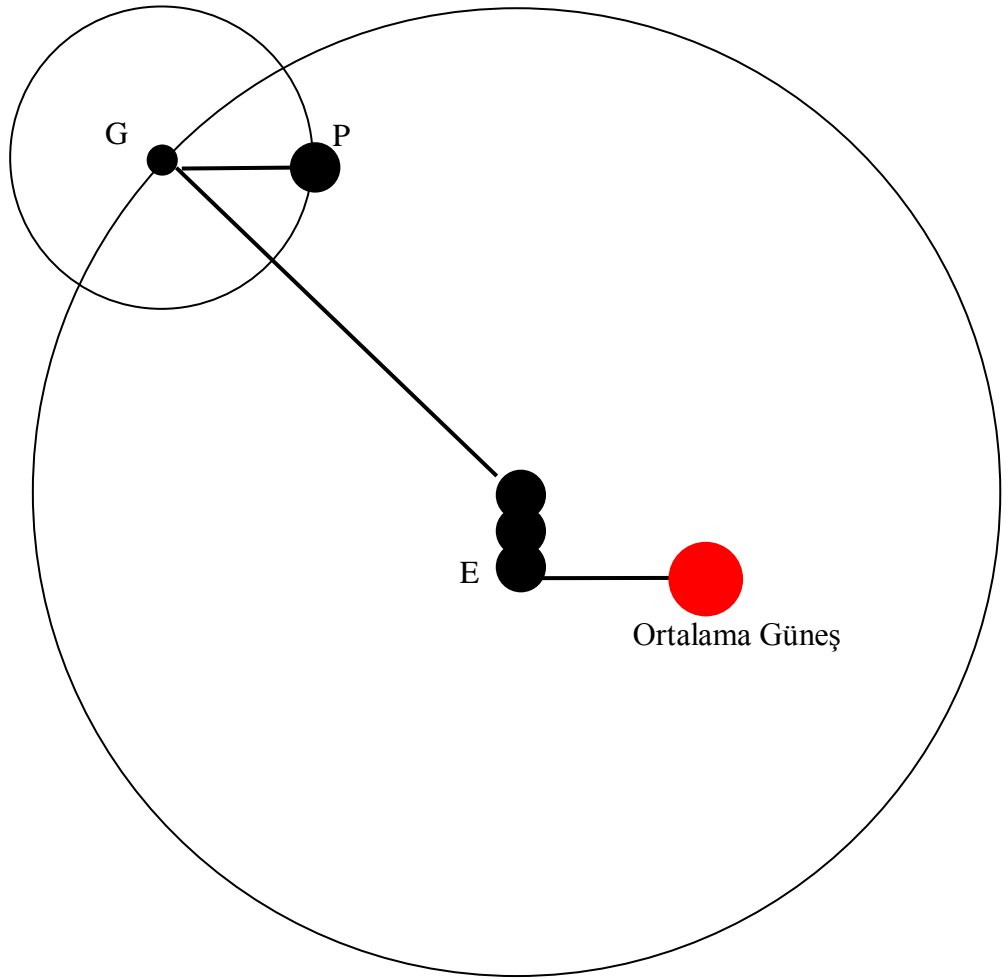


P : Satürn

G: Episiklın merkezi

E : Dünya

Dış gezegenlerde GP çizgisi ve Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgi paraleldir



3.3.2. Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'de Yer Alan Gezegen Modelleri

Güneş'in etrafında Dünya'nın, Dünya'nın etrafında da Ay'ın devinimlerini açıklayan Kopernik'e göre, yörünge dairelerine ait merkezler Dünya'nın değil Güneş'in etrafındadır ve gezegenler için boylamda ve enlemde büyük düzensizlikler söz konusudur.²³⁶

Gezegenlerde tümüyle farklı şekilde beliren iki boylamsal hareket vardır:

1. Birincisi, Dünya'nın hareketine bağlıdır, paralaks hareketi de denilebilir.
2. Diğeri ise tek tek gezegenlere özgüdür.²³⁷

Paralaks hareketi nedeniyle gezegenler, duruyor, ileri ve geri gidiyor gibi görünürler. Başka bir deyişle, her daim ilerleyen gezegen bu şekilde kendi hareketiyle farklı yöne sapmaz, Dünya'nın hareketinin neden olduğu paralaks yüzünden böyle görünür.²³⁸

Satürn, Jüpiter ve Mars'ın gerçek konumu, bu gezegenler Güneş'in karşısında olduklarında gözlemciye görünür ve geri dönüşlerinin ortasında belirir. Çünkü karşı konumda yer aldıklarında, Güneş'in ortalama konumuna göre düz bir çizgide iner ve paralakslarından sıyrılırlar. Venüs ve Merkür ise, Güneş'le kavuşumlarında karanlığa bürünürler. Ancak Güneş'ten uzakta kaldıklarında sadece uzanımlarını gösterirler ve asla paralaksız bulunmazlar.²³⁹

Diğeri bir ifadeyle, Dünya'nın düzenli hareketi, Satürn, Jüpiter ve Mars'ta olduğu gibi gezegenlerin hareketini aşar ya da Venüs ve Merkür'de olduğu gibi,

²³⁶ Copernicus, İstanbul 2010, s. 375.

²³⁷ Copernicus, s. 375, 376.

²³⁸ Copernicus, s. 375, 376.

²³⁹ Copernicus, s. 375, 376.

gezegen hareketleri Dünya'nın düzenli hareketini aşar. Sonuç olarak, gezegene göre Dünya'nın hareketinin kastedildiği paralaks devinimi, her gezegen için özeldir.²⁴⁰

Kopernik, eskilerin gezegen hareketlerini açıklamak için, Güneş yıllarının ekinoks ya da tropikten ölçülen yıllar olarak anlaşılabilceğini düşündüklerinden bunları kullandığını belirttikten sonra, sabit yıldızlardan ölçülen yılları kullandığını ve böylece gezegen hareketlerini daha kesin bir şekilde ortaya koyduğunu söyler.²⁴¹

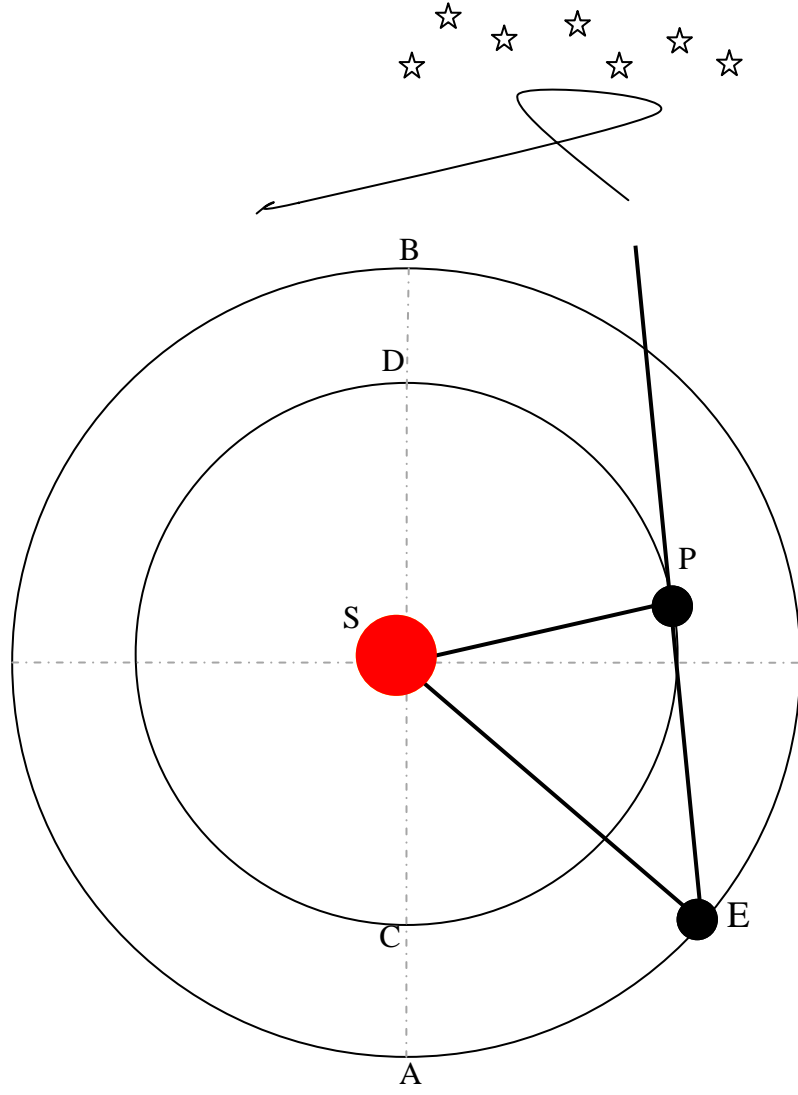
Bunları belirttikten sonra Kopernik, bir gezegenin düzenli hareketinin düzensizmiş gibi görünmesinin, Dünya'nın hareketi ve gezegene özgü hareket olmak üzere iki nedeni olduğunu söyler ve açıklamasına önce Dünya'nın yörünge dairesinin kapsadığı Venüs ve Merkür'le başlar.

Aşağıdaki şekilde AB yıllık dönüş boyunca Dünya'nın merkezinin çizdiği, Güneş için eksantrik daire olsun. Ancak burada gezegenin bundan başka düzensizliğinin olmadığı varsayalım. DC, Venüs ya da Merkür'ün yörünge dairesi, AB ile eşmerkezli yapılırsa, enleminden ötürü DC'nin AB'ye eğimli olması gerekir. Ancak bu şekilde bunlar aynı düzlemdeymiş gibi düşünülür. Hem Dünya'nın hem de gezegenin hareketi aynı yönde, yani doğuya doğru, fakat gezegeninki Dünya'ninkinden daha hızlı olsun. Bu yüzden Dünya'daki gözlemciye, diğer bir deyişle, Dünya'dan gezegene bir düz çizgi çizdiğimizizde, gezegen retrograd hareket yapıyormuş gibi görünür.²⁴²

²⁴⁰ Copernicus, s. 377.

²⁴¹ Copernicus, s. 376, 377.

²⁴² Owen Gingerich, *God's Planet*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England 2014, s. 13, 14.



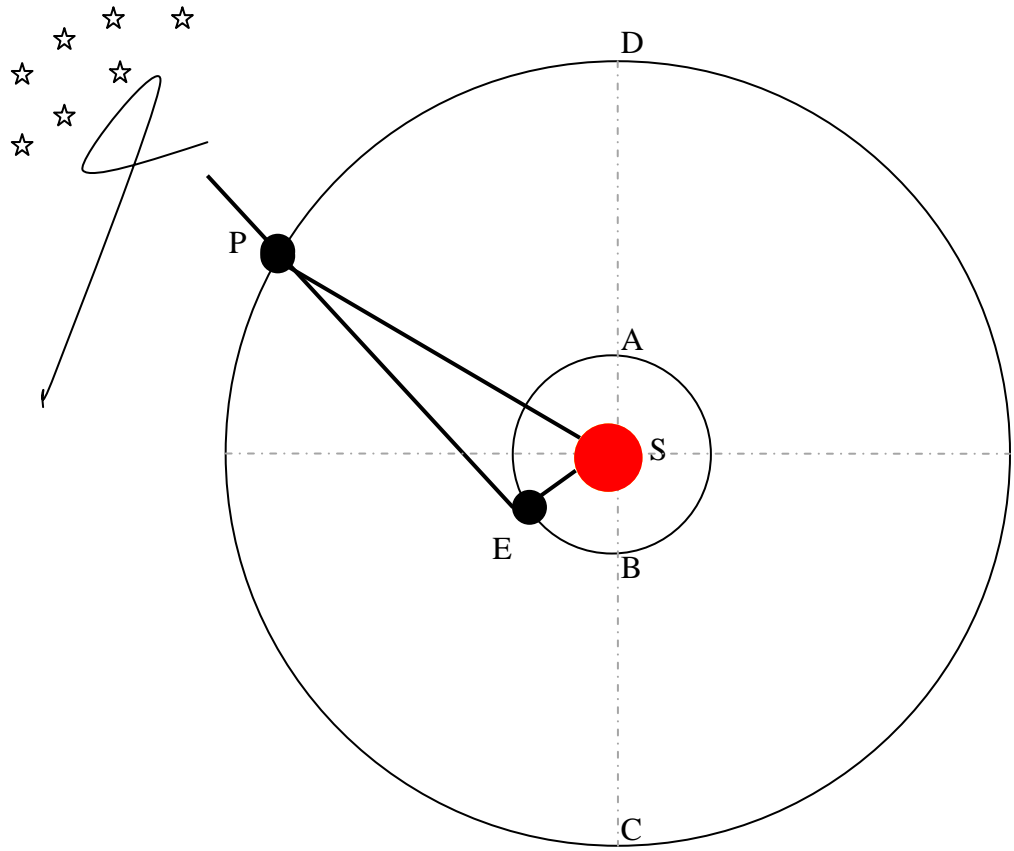
İç Gezegenler

S : Güneş

P : Venüs

E: Dünya

Aşağıdaki şekilde, AB Dünya'nın yörünge dairesidir. Gezegenin yörünge dairesi DC, aynı düzlemde dıştaki eşmerkezli dairedir. Dünya'nın hareketi daha hızlıdır ve gezegeni aşar. Bu yüzden Dünya'daki gözlemciye, diğer bir deyişle, Dünya'dan gezegene bir düz çizgi çizdiğimizizde, gezegen retrograd hareket yapıyormuş gibi görünür.²⁴³



Dış Gezegenler

S : Güneş

P : Satürn

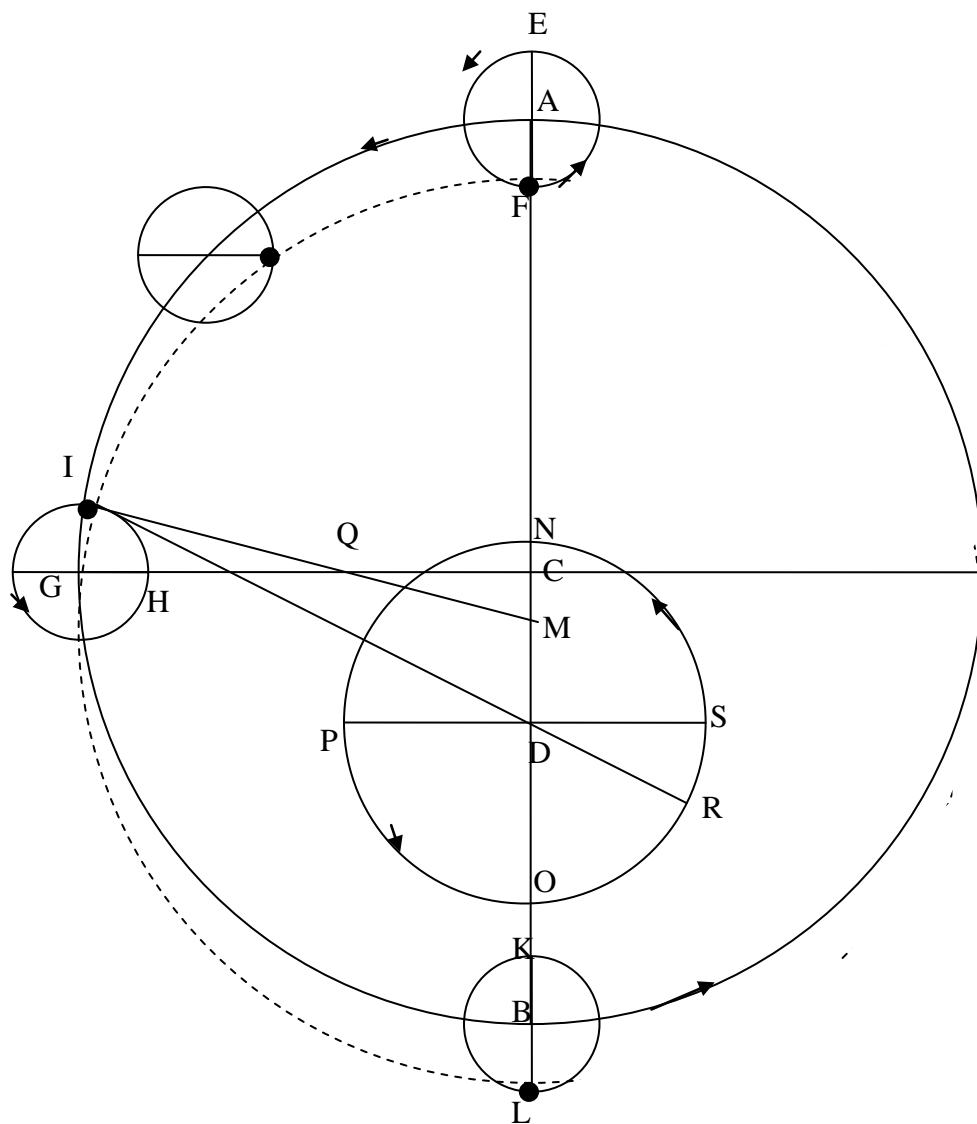
E: Dünya

²⁴³ Gingerich, Cambridge, Massachusetts, London, England 2014, s. 13, 14.

Bu yüzden Kopernik'e göre, eskilerin her bir gezegenin episikl dairesi sayesinde incelediği bütün bu görünen hareketlerin, Dünya'nın hareketinden ötürü belirdiği açıktır.

Diğerlerinden farklı olduğu görülen Merkür dışındaki gezegenlerin boylamdaki hareketleri yaklaşık olarak aynı yolu izlediğinden, Kopernik, dört gezegeni bir yerde inceleyip, Merkür için başka bir yer ayırmıştır.

Buna göre Venüs ve dış gezegenlerin hareketlerini Dünya'nın yörünge dairesine göre biri eksantrik ve diğeri episikl olmak üzere iki daire kullanarak açıklar. Buna uygun olarak aşağıdaki şekilde AB, C'nin etrafındaki eksantrik daire, merkezinde Güneş'in bulunduğu NO, Dünya'nın yörünge dairesi ve EF, gezegeni taşıyan episikl dairesidir.



3.3.3. İki Model Arasındaki Farklar

Ptolemaios'un gezegen modellerinde, gezegen bir episikl üzerinde düzenli hareket eder. Bu episikl, bir deferent daire üzerinde ve ekuant noktası denilen bir noktaya göre düzenli hareket eder. Gözlemci, deferent dairesinin merkezinden ve ekuant noktasından farklı üçüncü bir noktada bulunur. Eksantrik dairenin düzlemi, ekliptiğin düzlemine ve episiklın düzlemi de episikla eğimlidir. Boylamdaki hareket ile episiklın merkezinin eksantrik daire üzerindeki hareketi, anomali ile gezegenin episikl üzerindeki hareketi anlaşılır.

Ptolemaios'un Merkür dışındaki gezegenler için kullandığı model, hemen hemen dış gezegenler modeli ile aynıdır. Merkür ve Venüs'ün boylamda sahip olduğu ortalama hareket, Güneş'in ortalama hareketine eşittir. Merkür için kullandığı model biraz daha karmaşıktır. Dış gezegenler modelinde, episiklın merkezi ile gezegen arasındaki çizgi, Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgiye paraleldir. Venüs modelinde ise, equant ile episiklın merkezi arasındaki çizgi, Dünya ile ortalama Güneş arasındaki çizgiye paraleldir.

Kopernik'e göre, yörünge dairelerine ait merkezler Dünya'nın değil Güneş'in etrafındadır. Ona göre, bir gezegenin düzenli hareketinin düzensizmiş gibi görünmesinin, ilk nedeni Dünya'nın hareketi, ikinci nedeni ise gezegene özgü harekettir. Dünya'nın hareketinin neden olduğu paralaks yüzünden, gezegenler duruyor, ileri ve geri gidiyor gibi görünürler.

Kopernik gezegen hareketlerini daha kesin bir şekilde ortaya koymak için sabit yıldızlardan ölçülen yılları kullandığını söyler ve açıklamasına önce Dünya'nın yörünge dairesinin kapsadığı Venüs ve Merkür'le başlar.

Diğerlerinden farklı olduğu görülen Merkür dışındaki gezegenlerin boylamdaki hareketleri yaklaşık olarak aynı yolu izlediğinden, Kopernik, dört gezegeni bir yerde inceleyip, Merkür için başka bir yer ayırmıştır. Buna göre Venüs ve dış gezegenlerin hareketlerini Dünya'nın yörünge dairesine göre biri eksantrik ve diğeri episikl olmak üzere iki daire kullanarak açıklar. Gezegen episikl dairesinin üzerinde bulunur.

Bütün bunları dikkate aldığımızda görüyoruz ki, Ptolemaios ve Kopernik'in gezegen modelleri arasındaki farklar, hem kozmolojik değişiklikten hem de geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklanmaktadır.

3.4. Merkür (İç Gezegen)

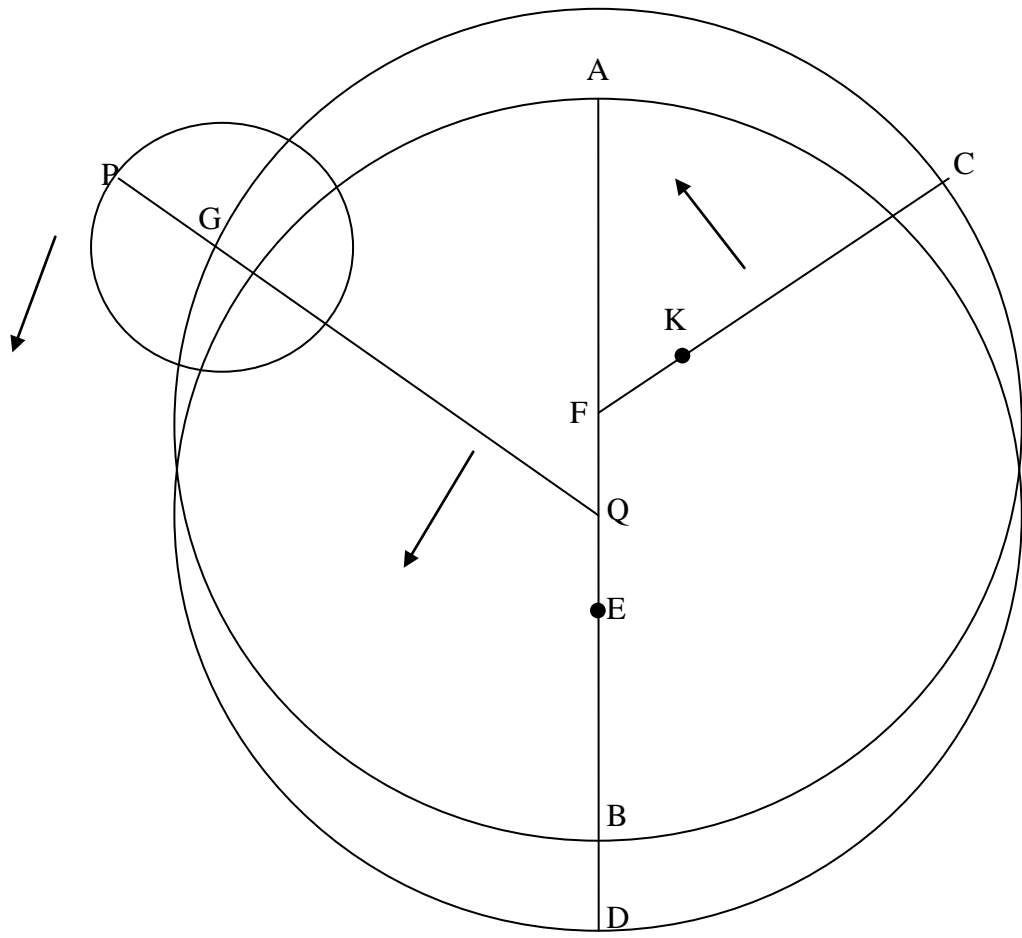
3.4.1. *Almagest*'te Yer Alan Merkür Modeli

Merkür'ün apoje ve iki perijesinin birbirlerinden 120° ile ayrıldıklarını ve Merkür'ün apojesinin yaklaşık olarak 400 yılda 4° kadar ilerlediğini tespit eden Ptolemaios, Merkür'ün hareketini aşağıdaki şekil ile göstermiştir.²⁴⁴

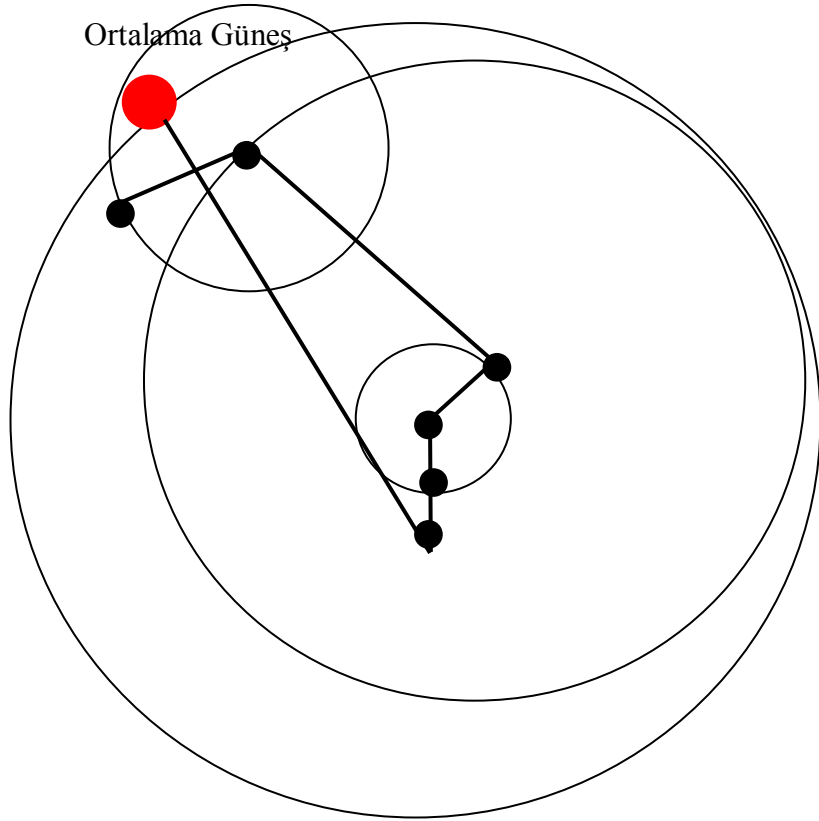
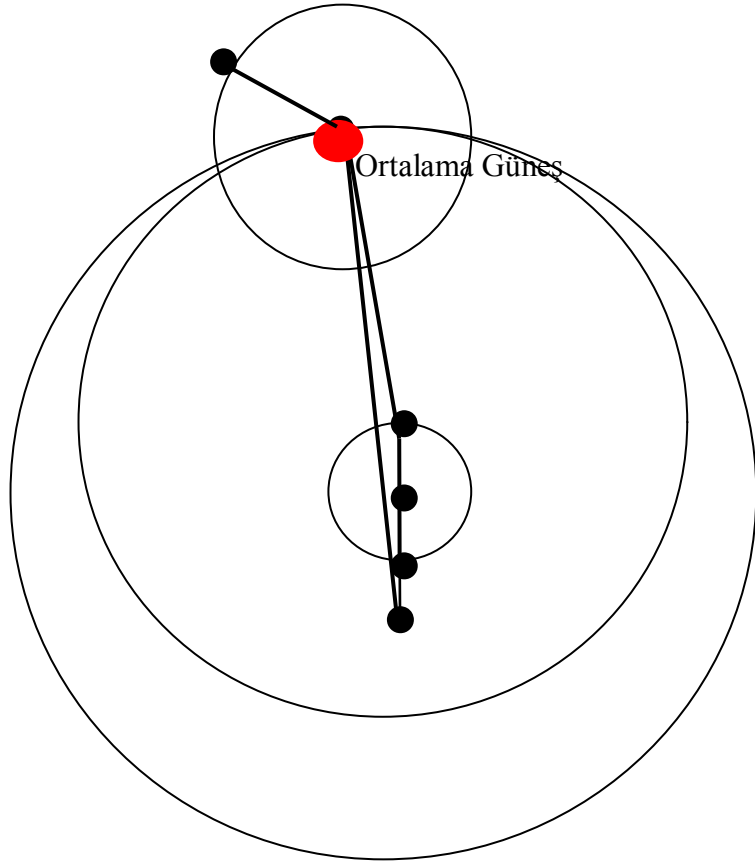
Diğer gezegen modellerinde olduğu gibi, aşağıdaki şekilde, P noktasındaki Merkür G merkezli episiklin üzerinde gökkürelerinin hareketinin tersi yönünde düzgün bir şekilde dolanır. Episikl ise equant noktası olan Q'ya göre ama onun tersi yönünde düzgün bir şekilde hareket eder. Ancak episikl taşıyan daire K merkezli CBG dairesidir. K noktası ise, F noktası etrafında sabit yıldızlara göre dolanır. QG çizgisi ve FKC çizgisi aynı açısal hızlara sahiptir ancak birbirlerinin aksi yönündedirler. Ve $QE = QF = FK$.²⁴⁵

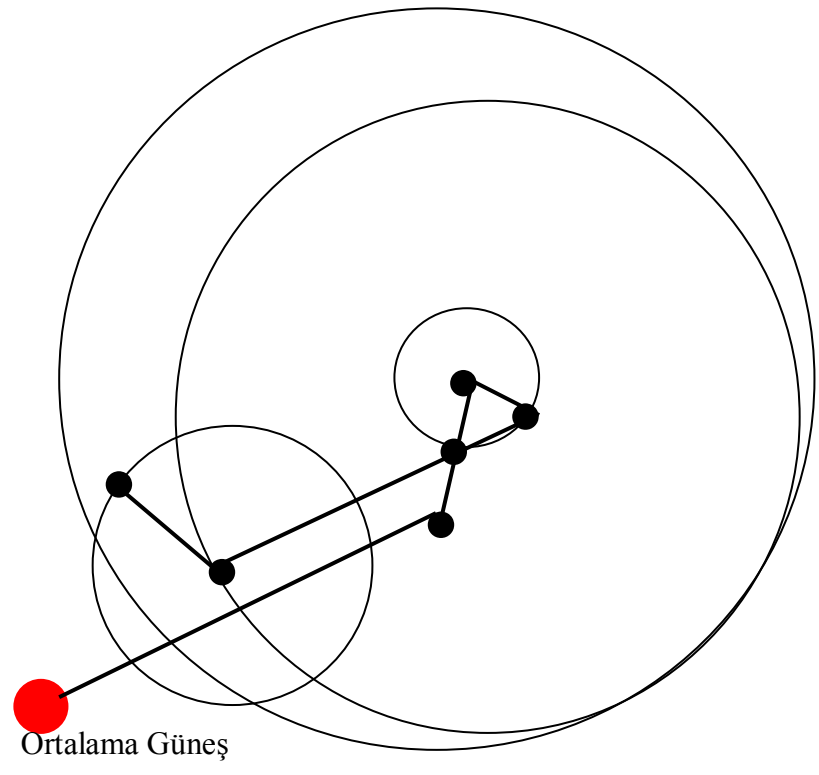
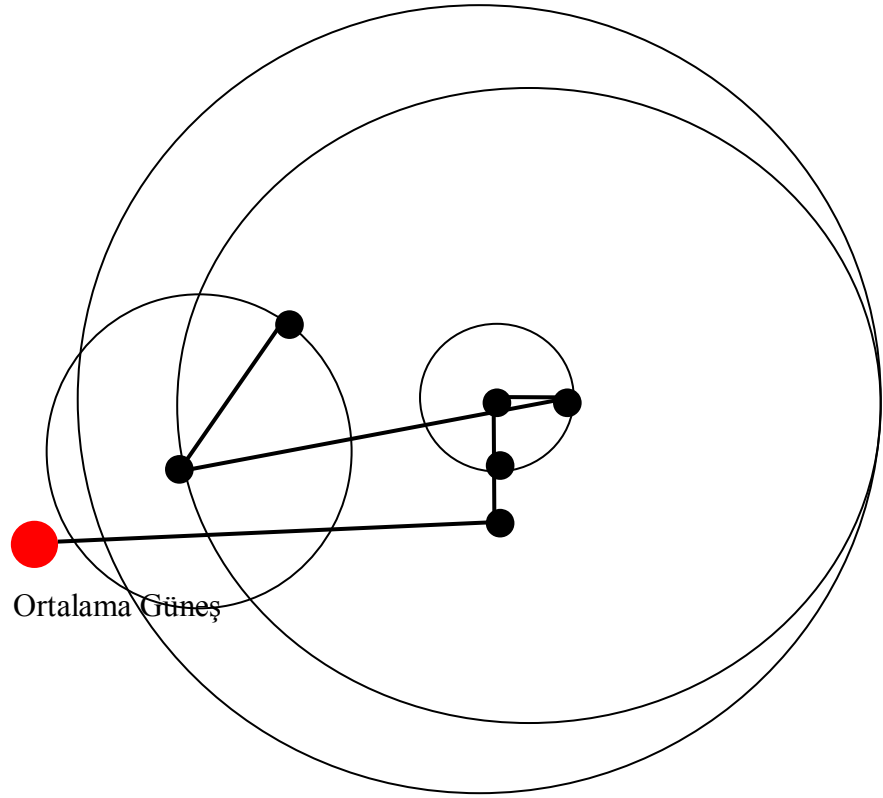
²⁴⁴ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 296.

²⁴⁵ Ptolemaios, s. 293.



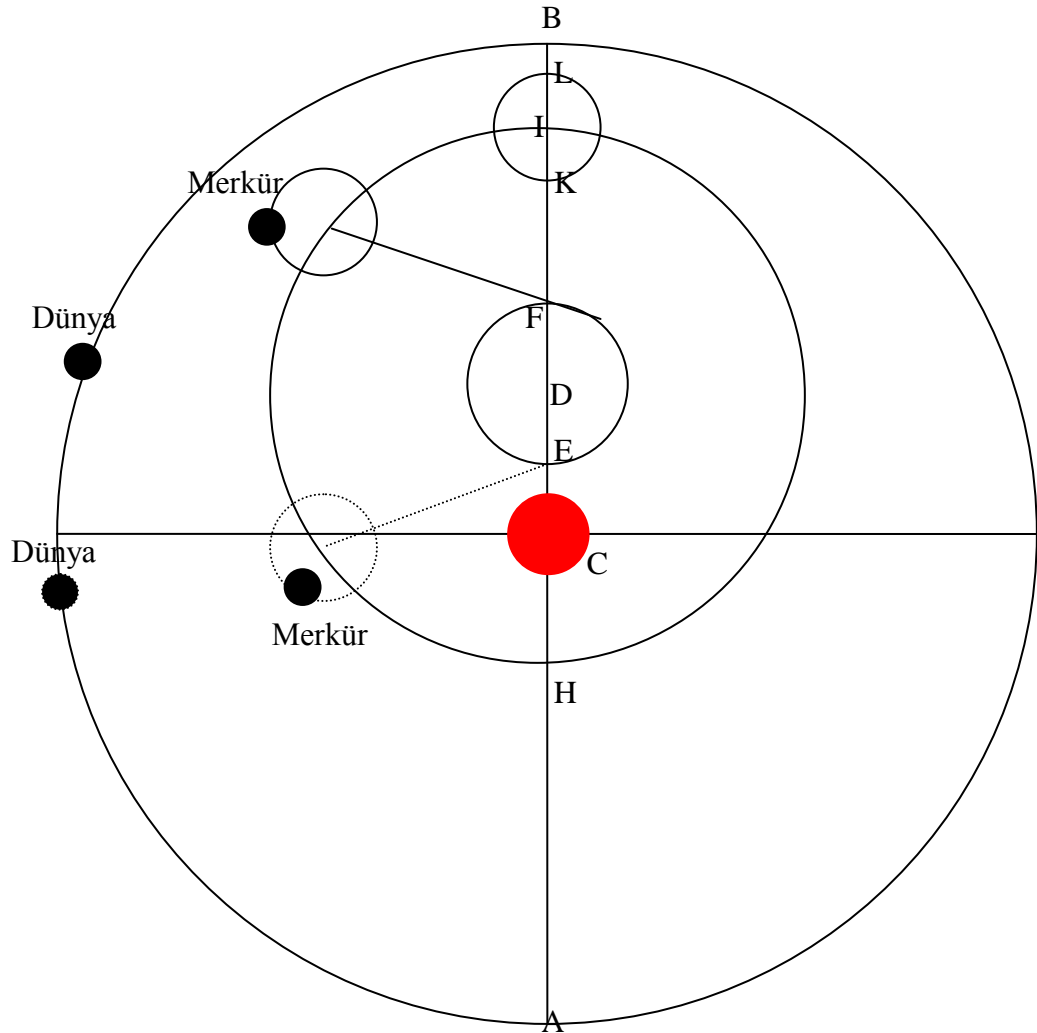
Merkür Modeli





3.4.2. Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'de Yer Alan Merkür Modeli

Merkür'ün hareketi, Venüs'ten ya da diğer gezegenlerin herhangi birinden daha karmaşıktır. Kopernik, Merkür'ün de diğer gezegenler gibi Dünya'nın hareketliliğinden kaynaklanan bir düzensizliği olduğunu belirtmiş ve bunu açıklamak için iki eksantrik daire ve bir episikl dairesi kullanmıştır. Buna ek olarak, Merkür, dolanımı sırasında iki kez Dünya'ya en yakın konuma gelmektedir. Bu nedenle Merkür, merkezi hareketli bir daire üzerinde bulunan bir taşıyıcı daire üzerindeki episikl dairesi üzerinde yer alır.



Yukarıdaki şekilde, AB, merkezi C ve çapı ACB olmak üzere Dünya'nın büyük yörünge dairesi olsun. ACB üzerinde, B ile C noktaları arasında D bir merkez olarak alınsın. Bu D merkezi üzerinde küçük EF dairesi çizilsin. Buna göre, C'den en büyük mesafesi F, en küçüğü ise E olsun. F merkezli IH dairesi Merkür'ün taşıyıcı dairesidir ve F noktası, D merkezli EF dairesi üzerinde doğuya doğru hareket eder. Merkür ise KL episiklî üzerinde hareket eder. Gezegen K'de, yani F merkezinden en küçük KF mesafesinde konumlandırılınsın. Merkür'ün devinimlerinin başlangıç noktası olarak belirlenen noktayla birlikte F merkezinin Dünya'nın her bir devinimi için iki devinim gerçekleştirdiği anlaşılınsın, gezegen aynı yönde, doğuya doğru benzer şekilde LK'de, çap boyunca HI dairesinin merkezine göre aşağı ve yukarı hareket etsin. Buradan hareketle Dünya ne zaman A veya B'de yer alırsa, Merkür'ün yörünge dairesinin merkezi, C'den en uzak konumu olan F'de, buna karşılık Dünya orta çeyreklerdeyken, merkez C'ye en yakın konum olan E'de yer alır.²⁴⁶

²⁴⁶ Copernicus, İstanbul 2010, s. 447, 448, 449.

3.4.3. İki Model Arasındaki Farklar

Ptolemaios'un modelinde, Merkür episikl üzerinde gökkürelerinin hareketinin tersi yönünde düzgün bir şekilde dolandır. Episikl ise equant noktasına göre düzgün bir şekilde hareket eder. Ancak episikl taşıyan eksantrik daire başkadır. Bu dairesinin merkezi ise, başka bir nokta etrafında sabit yıldızlara göre dolandır.

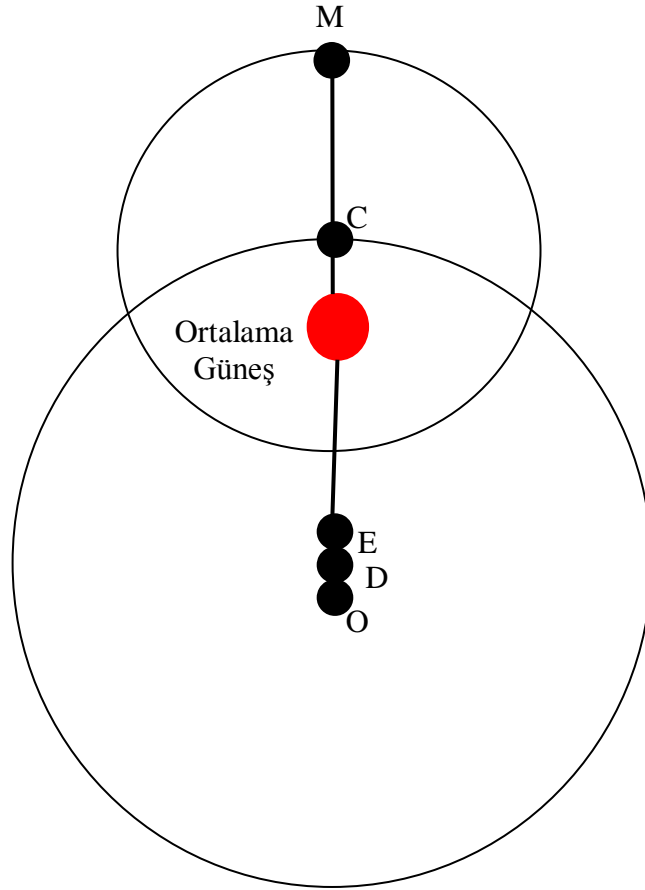
Merkür'ün hareketinin, Venüs'ten ya da diğer gezegenlerden daha karmaşık olduğunu söyleyen Kopernik, Merkür'ün de diğer gezegenler gibi Dünya'nın hareketliliğinden kaynaklanan bir düzensizliği olduğunu belirtmiş ve bunu açıklamak için iki eksantrik daire ve bir episikl dairesi kullanmıştır. Buna ek olarak, Merkür, dolanımı sırasında iki kez Dünya'ya en yakın konuma gelmektedir. Bu nedenle Merkür, merkezi hareketli bir daire üzerinde bulunan bir taşıyıcı daire üzerindeki episikl dairesi üzerinde yer alır.

İki model arasındaki fark, hem kozmolojik değişiklikten hem de geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklanmaktadır.

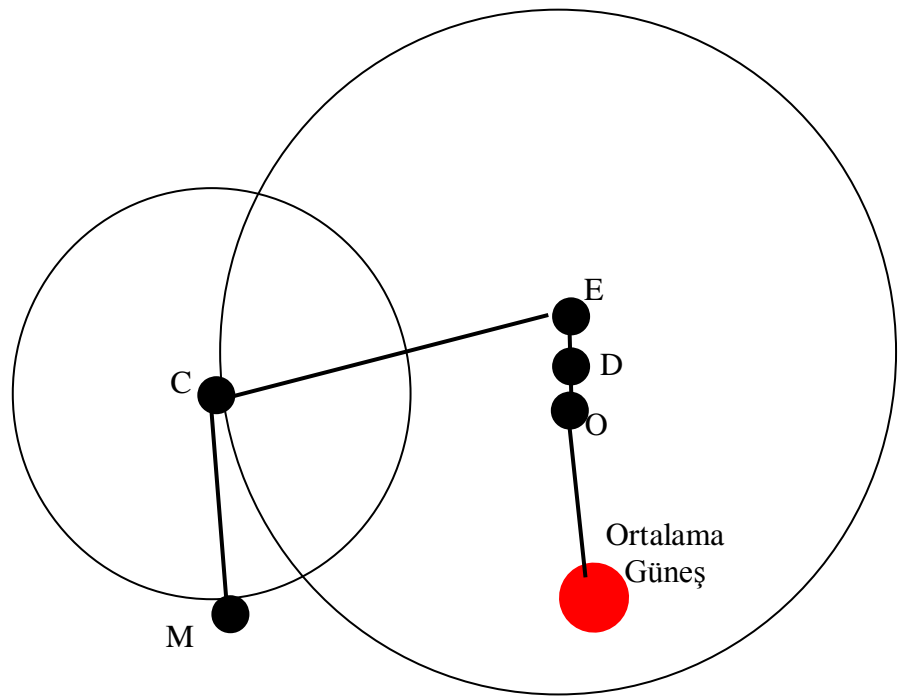
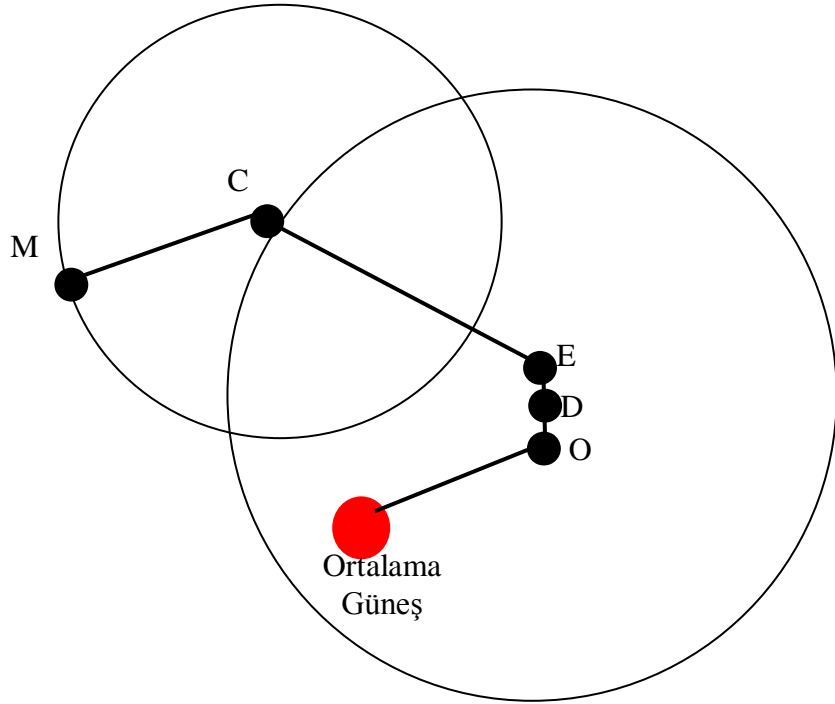
3.5. Mars (Dış Gezegen)

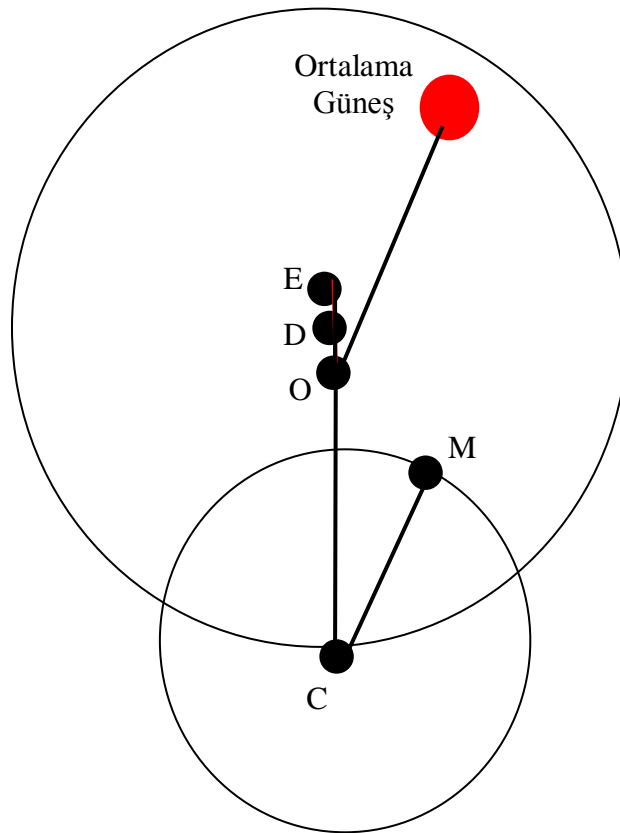
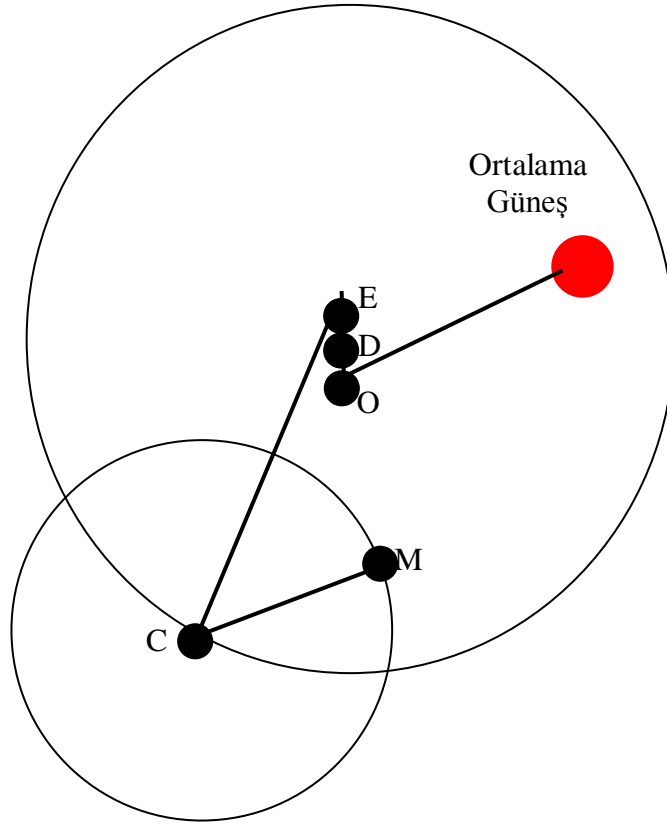
3.5.1. *Almagest*'te Yer Alan Mars Modeli

Ptolemaios, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün durumunda da Venüs için kullandığı aynı hipotezi kullanmıştır. Bu hipoteze göre episiklin merkezini her zaman üzerinde taşıyan eksantrik daire, episiklin düzenli dolanımı meydana getiren dairenin merkezi ve ekliptiğin merkezi arasındaki düz çizginin kesişim noktasındaki kendi merkezi ile tanımlanır.²⁴⁷



²⁴⁷ Ptolemaios, Chicago, London, Toronto 1952, s. 322.



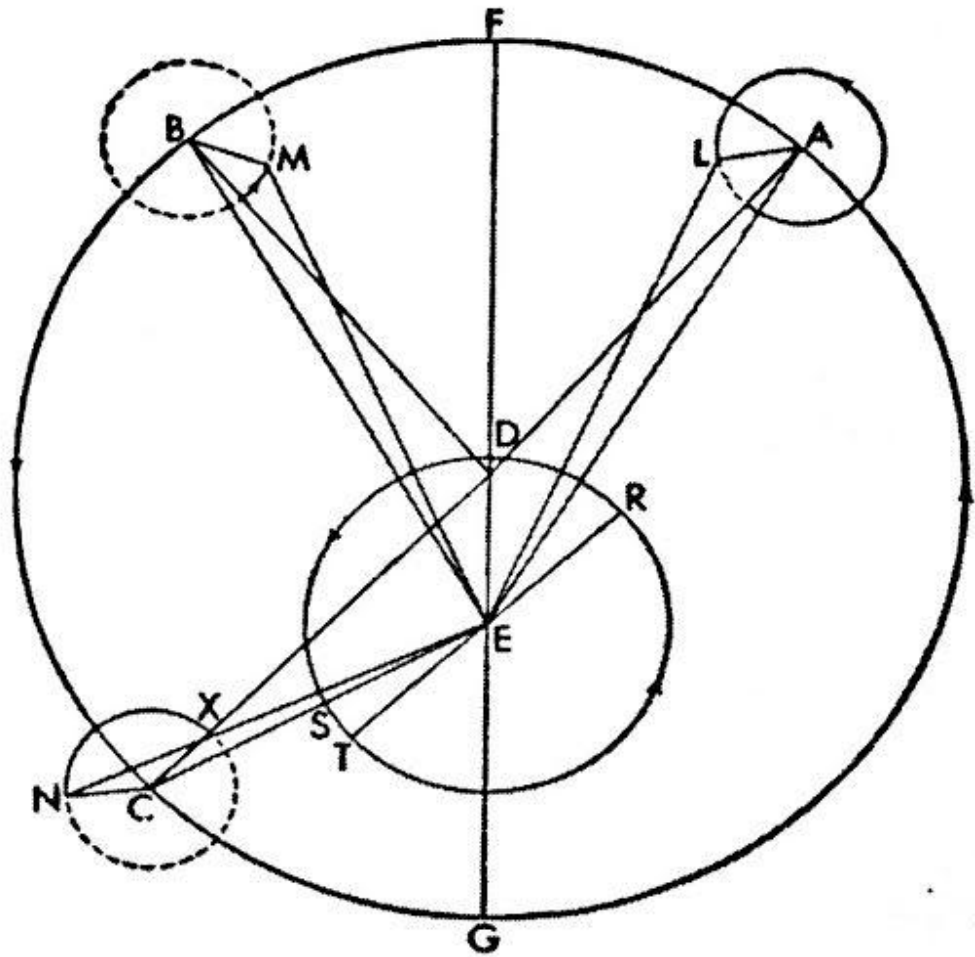


3.5.2. Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'de Yer Alan Mars Modeli

Kopernik Mars'ın devinimlerini, üç eski Güneş karşı konumundan yararlanarak, Dünya'nın eski dönemdeki hareketliliğine bağlayarak incelemiştir. Bunun için, Dünya'nın yörünge dairesine göre biri eksantrik ve diğeri episikl olmak üzere iki daire kullanmıştır.

Buna göre aşağıdaki şekilde, D merkeziyle ve FDG çapıyla birlikte çizilen ABC eksantrik dairesi Mars'ın taşıyıcı dairesidir. E, yıllık devinime ait yörünge dairesinin merkezidir. A, B ve C Güneş karşı konumunun noktaları olsun. Mars, A, B ve C noktalarında çizilen episikl dairesi üzerinde bulunur. Böylece görünen ve düzenli hareketlerin birbiriyle uyumlu ve gözlemlere uygun olduğu gösterilmiş olur.²⁴⁸

²⁴⁸ Copernicus, İstanbul 2010, s. 426.



3.5.3. İki Model Arasındaki Farklar

Ptolemaios'un Mars modelinde, Mars bir episikl üzerinde dolanır. Episiklın merkezini her zaman üzerinde taşıyan eksantrik daire, episiklın düzenli dolanımını meydana getiren dairenin merkezi ve ekliptiğin merkezi arasındaki düz çizginin kesişim noktasındaki kendi merkezi ile tanımlanır.

Kopernik Mars'ın devinimlerini açıklamak için, Dünya'nın yörünge dairesine göre biri eksantrik ve diğeri episikl olmak üzere iki daire kullanmıştır. Buna göre eksantrik daire Mars'ın taşıyıcı dairesidir. Mars ise, eksantrik dairenin üzerinde bulunan episikl dairesinde bulunur.

Demek oluyor ki iki model arasındaki farklar, hem kozmolojik değişiklikten hem de geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklanmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

İSLAM ASTRONOMLARI VE KOPERNİK

4.1. İslam Astronomları ve Yeni Astronominin Temelleri

İslam bilginleri, modern dönem öncesi bilimin gelişme sürecinde çok önemli bir geleneği temsil ederler. Bu bilginler, Klasik Yunan'da uygulanan bilimin dışında yeni bir bilim tarzı, başka bir deyişle alternatif bir bilim tarzı ortaya çıkarmışlardır. Uzun bir çeviri sürecinden sonra Yunan biliminin ve özellikle Ptolemaios'un *Almagest*'inin yetersiz ve çelişkilerle dolu olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Gezegenlerin ve yıldızların hareketlerini betimlemeye ve kurgulamaya yönelik bilimsel kuramlar, matematiksel, fiziksel ve hem matematiksel hem de fiziksel olmak üzere üç aşamadan geçmiştir. Matematiksel aşama Platon'un öğrencisi Eudoxos ve Ptolemaios ile temsil edilir. Bu aşamada astronomlar, göksel olgulara kinematik açıdan bakmışlar ve gezegenler ile yıldızların belli bir andaki göksel konumlarını doğru bir biçimde tespit etmek için Eksantrik ve Episikl modelleri kullanmışlardır. Aristoteles ile temsil edilen Fiziksel aşamada, astronomlar, göksel olgulara dinamik açıdan bakmışlar ve gezegenler ile yıldızların gökyüzünde durmalarına ve devinmelerine olanak tanıyan fiziksel mekanizmayı betimlemeye çalışmışlardır. İslam astronomları ile temsil edilen Matematiksel ve Fiziksel Aşama'da ise, astronomlar, göksel olgulara hem kinematik hem de dinamik açıdan bakmışlar ve önceki iki aşamanın amaçlarını birleştirmeye çalışmışlardır. İslam astronomları genelde Ptolemaios'un kinematik yaklaşımı ile Aristoteles'in dinamik yaklaşımını birleştirmek istemişlerdir.²⁴⁹

²⁴⁹ Remzi Demir, *Philosophia Ottomanica*, Cilt 1, Lotus Yayınevi, Ankara 2005, s. 132-137.

Astronomide, Ptolemaios'un eseri *Almagest*, İslam astronomları tarafından eleştirel bir şekilde incelenmiş ve hataları gösterilmiştir. Bunların sonucunda yeni bir astronomiye olan ihtiyaç vurgulanmıştır. İslam astronomları, "Ptolemaios Astronomisi"ne alternatif bir astronomi kurma girişiminde bulunarak Ptolemaios'un gezegen modellerine karşı kendi modellerini oluşturmuşlardır. Nasîrüddîn el-Tûsî ile başlayan ve diğer Müslüman astronomlarla devam eden "Yeni Kuramsallaştırma Denemesi"yle beraber astronomide Ptolemaios otoritesi yıkılmış, Aristoteles kozmolojisi çätırdamaya başlamıştır. Bu bakımdan "Yeni Kuramsallaştırma Denemesi", Ptolemaios'un kuramsal sistemi ile Kopernik'in kuramsal sistemi arasında sağlam bir geçiş aşamasıdır.²⁵⁰

"(...) *Almagest* izlenecek bir model olarak değil de (böyle olduğu da söylenebilir) güvenli olup olmadığı kontrol edildikten ve hataları, çelişkileri ayıklandıktan sonra üzerine inşa edilecek bir temel olarak algılanmıştı. Bazı temel durumlarda ise *Almagest*'in eksik olduğu saptanmıştı."²⁵¹

²⁵⁰ İslam Dünyası'nda Ptolemaios'un gezegen modellerine karşı yapılan en erken eleştiri, İbn-i Heysem (ö. 1040) tarafından gerçekleştirilmiştir. İbn-i Heysem'in çağdaşı ve İbn-i Sînâ'nın (ö.1037) arkadaşı olan el-Cüzcânî (ö. 1070) de Ptolemaios astronomisini incelemiş ve ekuant problemini çözmek için bir model kurmaya çalışmıştır. Bu girişimlerle beraber, Ptolemaios'un gezegen modellerine karşı alternatif modeller hazırlamak için gerekli olan atılım meydana gelmiş ve bundan sonra da birkaç yüzyıl devam etmiştir. Bununla beraber Müslüman İspanya'da da Ptolemaios astronomisinin temellerinin sorgulandığı birtakım girişimler vardı. İbn-i Bacce (ö.1138), İbn-i Tufeyl (ö.1186), İbn-i Rüsd (ö.1198) ve el-Bitrûcî (y.1200) tarafından savunulan karşı çıkış, alternatif bir astronomik-kozmolojik sistem olarak gelişmiştir. Ancak Kopernik'inkine çok benzeyen Doğu İslam "hey'e" geleneğinden farklıdır. İslam Dünyası'nda XIII. yüzyılın ilk yarısında Ptolemaios'un gezegen modellerine karşı alternatif modeller sunan çalışmalar görülmüştür. Bu çalışmalar İslam Dünyası'nda oldukça verimli bir dönemin başlangıcına işaret eder. Çünkü bu dönemde Nasîrüddîn el-Tûsî (ö.1274), Mû'eyyed el-Dîn el-'Urdî (ö.1266), Kutbeddîn el-Şîrâzî (ö.1311), İbn el-Şâtîr (ö.1376) ve Ali Kuşçu (ö.1474) gibi astronomlar, Ptolemaios astronomisinin problemlerine çözüm getirmek için matematiksel araçlar geliştirmişler ve oldukça yaratıcı alternatif modeller üretmişlerdir. Ayrıntılı bilgi için bkz., F. Jamil Ragep, "Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks", *Filozofski Vestnik*, volume XXV, number 2, 2004, s. 125- 142.

²⁵¹ George Saliba, *İslam Bilimi ve Avrupa Rönesans'ının Doğuşu*, Çev.: Günseli Aksoy, Butik Yayınlar, İstanbul 2008, s. 115.

“(...) Gökbilim alanındaki yoğun eleştiriler, yeni bir astronomi ihtiyacının açıkça belirtildiği bir döneme, İslam astronomisinin öncülük ettiğini gösterir. (...)”²⁵²

Dünya merkezli sistemi matematiksel-kinematiksel olarak kuran Ptolemaios, *Almagest*'te ortaya koyduğu kuramsal sistem ile gezegenlerin konumlarını, hareketlerini ve gelecekteki konumlarını matematiksel olarak ifade edebilmeyi başarmıştır.

Fiziksel açıklamasını, Aristoteles'in kozmolojisine dayalı olarak veren Dünya merkezli sistem, İslam Dünyası'nda etkili olmakla birlikte, büyük tartışma yaratmıştır. Matematiksel olarak çok güçlü bir sistem olsa da, karşı çıkışlarla karşılaşmıştır. Çünkü Ptolemaios'un Dünya merkezli sistemi, Aristoteles'in fiziğini kullanmasına rağmen, bazı noktalarda Aristoteles fiziğine aykırıdır.

Karşı çıkılan birinci nokta, Dünya'nın merkezden kaydırılması düşüncesidir. Çünkü sistemin dayanak bulduğu Aristoteles fiziğinde Dünya, merkezde olmalıdır.

İkinci nokta, episikl dairesidir. Ptolemaios'da episikl dairesi, matematiksel bir nesne olarak karşımıza çıkmaktadır.

Üçüncü nokta ise, ekuant kavramıdır. Eşitlik merkezi ya da ekuant noktası da hayali bir nokta olarak görülmüştür. Aristoteles fiziğinde, evrende tek bir merkez vardır, o da Dünya'dır. Ptolemaios'un modelleri, ekuant noktasından ötürü İslam astronomları ve Kopernik tarafından şiddetli bir biçimde eleştirilmiştir.²⁵³

²⁵² Saliba, İstanbul 2008, s. 136.

²⁵³ Donald C. Benson, *The Ballet of The Planets*, Oxford University Press, NewYork 2012, s. 64.

İslam astronomları Kopernik’le aynı sebeplerden ötürü Ptolemaios’u eleştirmişti. Kopernik’in de Ptolemaios astronomisindeki hataları düzeltmek için kullandığı teknikler İbn el-Şâtır ve Merâgalı astronomlarınkiyle aynıydı. Örneğin Kopernik de Nasîrüddîn el-Tûsî ve İbn el-Şâtır gibi ekuant noktasına karşı çıktı, onlarla aynı temellerden yola çıkarak, aynı matematiksel modelleri kullandı. Ancak Kopernik, aynı modellerle kendi, tekil çözümüne Güneş’i merkeze alarak ulaştı.²⁵⁴

“(…) *Almagest*, küreleri simgeleyen kürelerden söz ediyordu ki bu Aristoteles kürelerini dolaylı olarak tanımaktı. Kitapta ekuantlar gibi fiziksel imkânsızlıklar vardı. En çok itiraz edilen konu, Aristoteles kozmolojisine aykırı kaçan bu imkânsızlıklar ve saçmalıklardı.”²⁵⁵

“(…) Ptoleme bir taraftan evrenin bileşenlerinin Aristoteles’in küreleri olduğunu söylüyor diğer taraftan bu küreleri, onları küresellikten yoksun eden matematiksel kürelerle açıklıyordu. Bu temel çelişkilerin astronominin bilimselliğine zarar verdiğini düşünen ciddi gökbilimciler itirazlarını sürdürdüler.”²⁵⁶

²⁵⁴ Dava Sobel, *A More Perfect Heaven*, Bloomsbury Publishing, London 2011, s. 23.

²⁵⁵ Saliba, İstanbul 2008, s. 163.

²⁵⁶ Saliba, s. 164.

4.1.1. Nasîrüddîn el-Tûsî

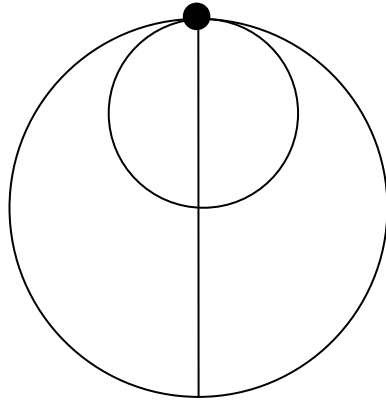
Nasîrüddîn el-Tûsî (ö. 1274), *Tezkîre* adlı eserinde kozmoloji konularının yanı sıra Ptolemaios'un matematiksel modellerine karşı hazırladığı kendi modellerini de sunmuştur. Özellikle, Ptolemaios'un Ay modelindeki ekuant noktasını eleştirmiştir. Tûsî'ye göre, kendi merkezinden geçmeyen bir eksen çevresinde düzenli bir harekete zorlanan kürenin durumu fiziksel bir imkânsızlıktır.²⁵⁷

Nasîrüddîn el-Tûsî, Ptolemaios'un matematik modelleri yerine hazırladığı modeli Tûsî Çifte Bağı'nı eseri *Tezkîre*'de geliştirerek kuram haline getirmiştir.

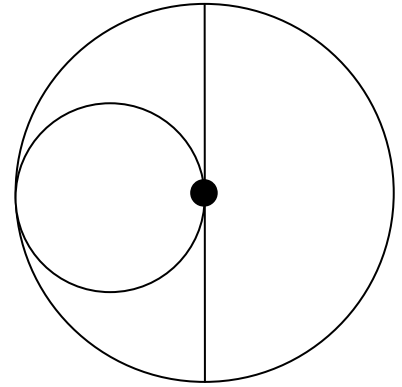
Tûsî'nin problemi, hem bir ekuant noktası çevresinde düzenli hareket eden ve fiziksel bir saçmalık yaratan bir episikl dairesiydi, hem de çeşitli uzaklıklardan izlenen ve düzenli gözükmeyen düzenli bir hareketti. Çünkü Ptolemaios'un gezegen modellerinde, episikl dairesi, taşıyıcı dairesinin merkezine göre değil de, ekuant noktasına göre dolanımını gerçekleştiriyordu. Bu durum fiziksel olarak mümkün olamazdı. Tûsî'ye göre, üst gezegenler modelindeki episikl merkezinin düzenli hareket etmesine ve apojeye yaklaştıkça Ptolemaios'un ekuantına yaklaşmasına, perijede iken ise uzaklaşmasına izin verilirse sorun çözülecekti. Bu hareket Ptolemaios'un gözlemlediği görüngünün çifte olması demekti.²⁵⁸

²⁵⁷ George Saliba, *İslamic Science and the Making of the European Renaissance*, Massachusetts 2007, s. 84, 85.

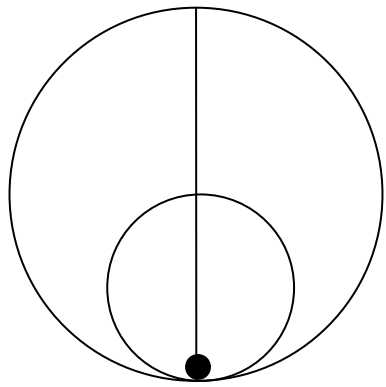
²⁵⁸ Saliba, İstanbul 2008, s. 184.



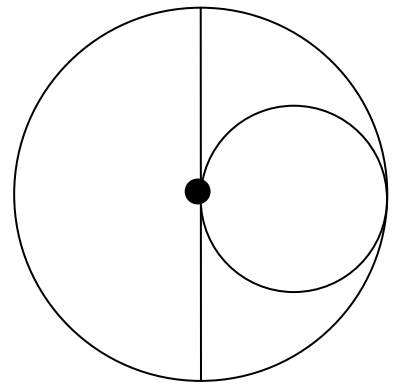
(1)



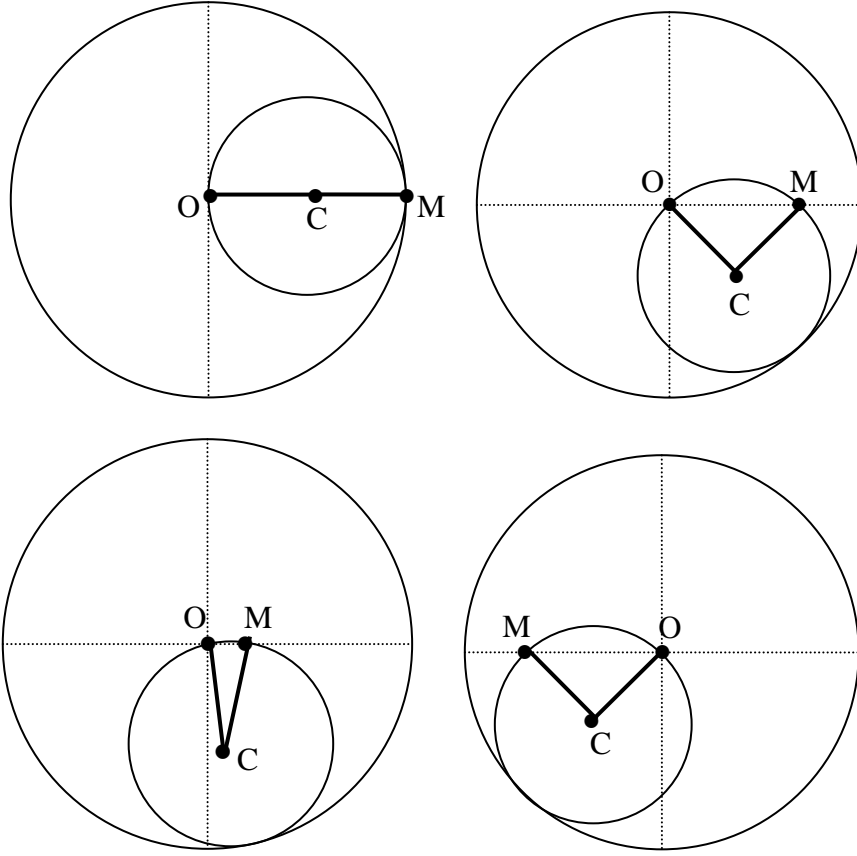
(2)



(3)



(4)

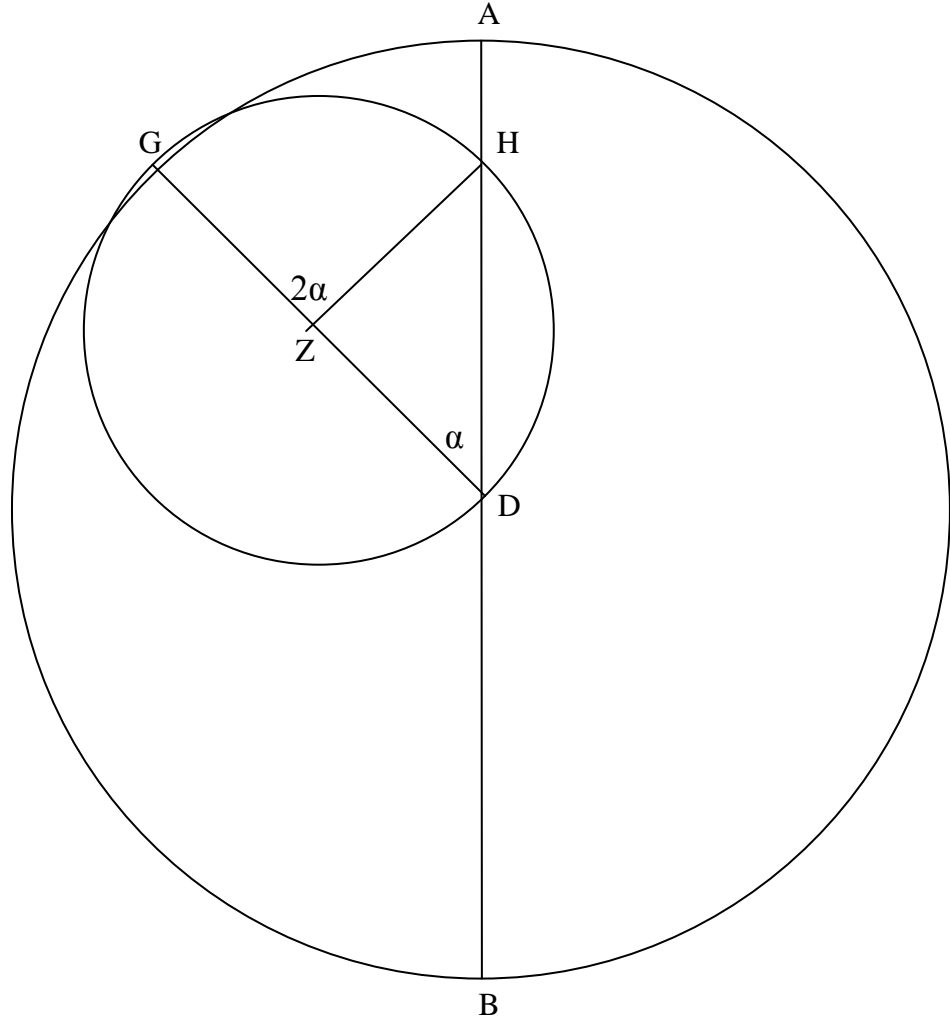


Tûsî Çifte Bağ

Yukarıdaki şekilde, biri diğerinin iki katı büyüklüğünde ve küçük olanının büyük olana içten teğet olarak yerleştirildiği iki küre vardır. Büyük küre düzenli olarak herhangi bir hızda hareket ettiğinde, küçük küre iki katı hızla ve ters yönde hareket eder ve teğet noktası büyük kürenin çapı boyunca salınır.²⁵⁹

Bu şekilde, kendi merkezleri çevresinde düzenli hareket etmeleri beklenen kürelerde, salınan bir hareket elde edilmiş olacaktır. Başka bir deyişle, iki düzenli dairesel hareketin birleşmesi sonucunda bir salınım hareketi ortaya çıkmaktadır.

²⁵⁹ Saliba, Massachusetts 2007, s. 158.



Örneğin yukarıdaki şekilde düzenli dairesel hareket yapan bir A cismi, bu hareketini korurken B noktasına yaklaşmasına ve uzaklaşmasına izin verilirse sorun çözülmüş olacaktır. Bu şekilde gözlemlenen görüngü, düzenli dairesel bir hareket yerine cismin değişik hızlarda B noktasına göre salınarak hareket etmesi olacaktır.

Tûsî teoremini genelleştirdikten sonra birleşik dairesel hareketlerden düz hareket oluşturmak istendiğinde kullanılabileceğini anladı. *Tezkire* adlı eserinde teoremin kanıtlarını sundu ve Ay modeli ile üst gezegenler modelini oluştururken kullandı. Tûsî bu şekilde Ptolemaios'un ekuant sorununu çözmüş oluyordu.²⁶⁰

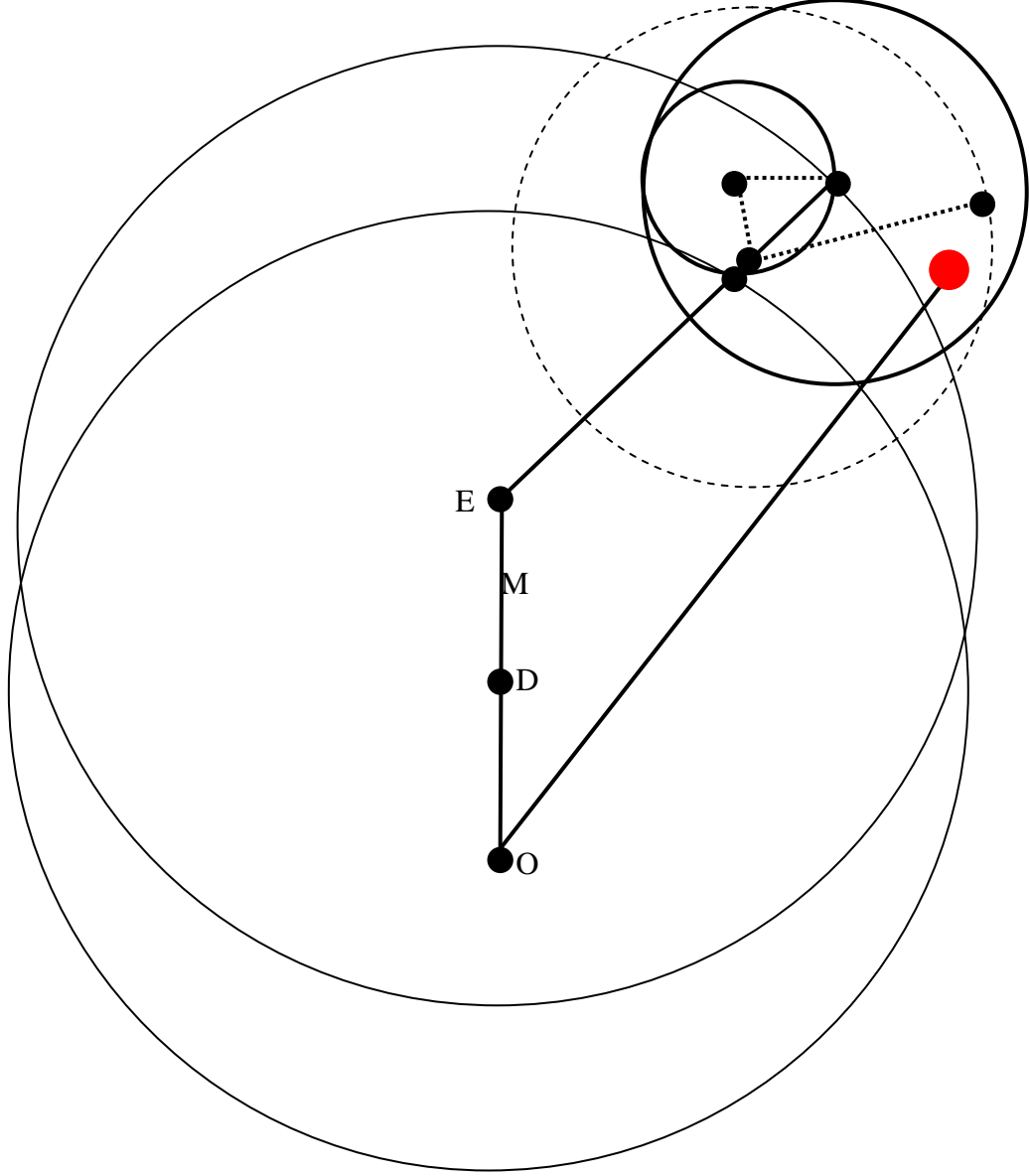
“Teoremin başarısının yankıları oldu. Kopernik ve çağdaşları gibi Rönesans gökbilimciler dahil tüm sonraki gökbilimciler bu teoremi kullandı. Kopernik’in tersine Tûsî’nin bağı kulanmadığı tek yer, zorlandığı Merkür modeli idi. (...)”²⁶¹

Tûsî’nin ve diğer İslam astronomlarının dış gezegenler ve Venüs için kullandıkları modeller, *Almagest*’teki ekuant problemine çözüm getirmiştir.

Ekuant probleminin dışında, Kopernik Güneş modelini oluştururken de Tûsî’nin Çifte Bağını kullanmıştır.

²⁶⁰ Saliba, İstanbul 2008, s. 188.

²⁶¹ Saliba, s. 188.



Ekvant noktasına çözüm bulmak için Dış Gezegenlere

Uyarlanan Tûsî Çifte Bağı

Ptolemaios'un dış gezegen modelinde, gezegen bir episikl etrafında düzenli hareket eder. Bu episikl, bir deferent daire üzerinde taşınır ancak episiklin merkezi, ekuant noktası denilen bir noktaya göre düzenli hareket eder. Gözlemci deferent dairesinin merkezinden ve ekuant noktasından farklı üçüncü bir noktada bulunur.

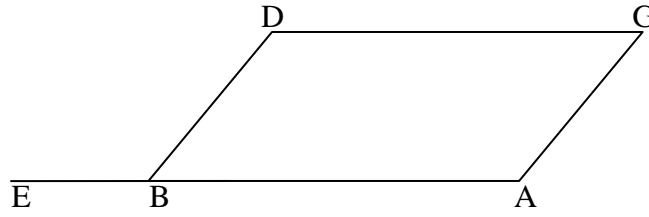
Tûsî'nin modelinde ise, biri diğerinin iki katı büyüklüğünde ve küçük olanının büyük olana içten teğet olarak yerleştirildiği iki episikl çizilir. Büyük episiklin merkezi ekuant noktası etrafındaki daire tarafından taşınır ve ekuant noktasına göre düzenli hareket eder. Böylece episikl dairesi, Ptolemaios'da olduğu gibi kendi merkezinden geçmeyen bir eksen çevresinde değil, kendi merkezinden geçen bir eksen çevresinde düzenli hareket eder. Sonuçta elde edilen görünüm, Ptolemaios'un gözlemlerine uyar.

Tûsî'ye gelinceye kadar astronomide Ptolemaios'un matematiksel modelleri kullanıldı. Ancak bu modeller ne yapılsa yapılsın bir türlü gözlemlerle uyuşturulamadı. Çünkü eksantrik ve episikl modeller aslında Aristoteles fiziğinin özüne aykırıydı. İslam astronomları tarafından Aristoteles fiziğine uyacak modeller oluşturmak ve bu modellerle yeni bir astronomi kurmak amaçlanmıştır. Yeni bir astronomi kurma girişimi, yeni bir kuramsal sistem kurma girişimidir.

4.1.2. Mû‘eyyed el-Dîn el-‘Urdî

Mû‘eyyed el-Dîn el-‘Urdî (ö. 1266) *Kitâb el-Hey’e* adlı eserinde Ptolemaios Astronomisi’nin sorunlarını çözmek için çalışmış ve yeni bir teorem üretmiştir. Tûsî ile başlayan “Yeni Kuramsallaştırma Denemesi”ndeki diğer önemli isimdir.

‘Urdî, Ptolemaios’un Güneş modelinin ve eksantrik modelin yeterli olduğunu ve bunların değiştirilmesine gerek olmadığını düşünüyordu. Ancak, Ay’ın ve Merkür’ün hareketleri konusunda, her iki modeldeki ekuant noktaları ve üst gezegenler modelinin değiştirilmesi gerektiğine karar vermişti. ‘Urdî’nin sorunu, fiziksel bir imkânsızlık olarak tanımladığı ekuant noktası idi. Episikl hareketini taşıyan kürenin küreselliğini bozan ekuant noktası konusunu çözmek için ‘Urdî Yardımcı Teoremi’ni geliştirdi.²⁶²

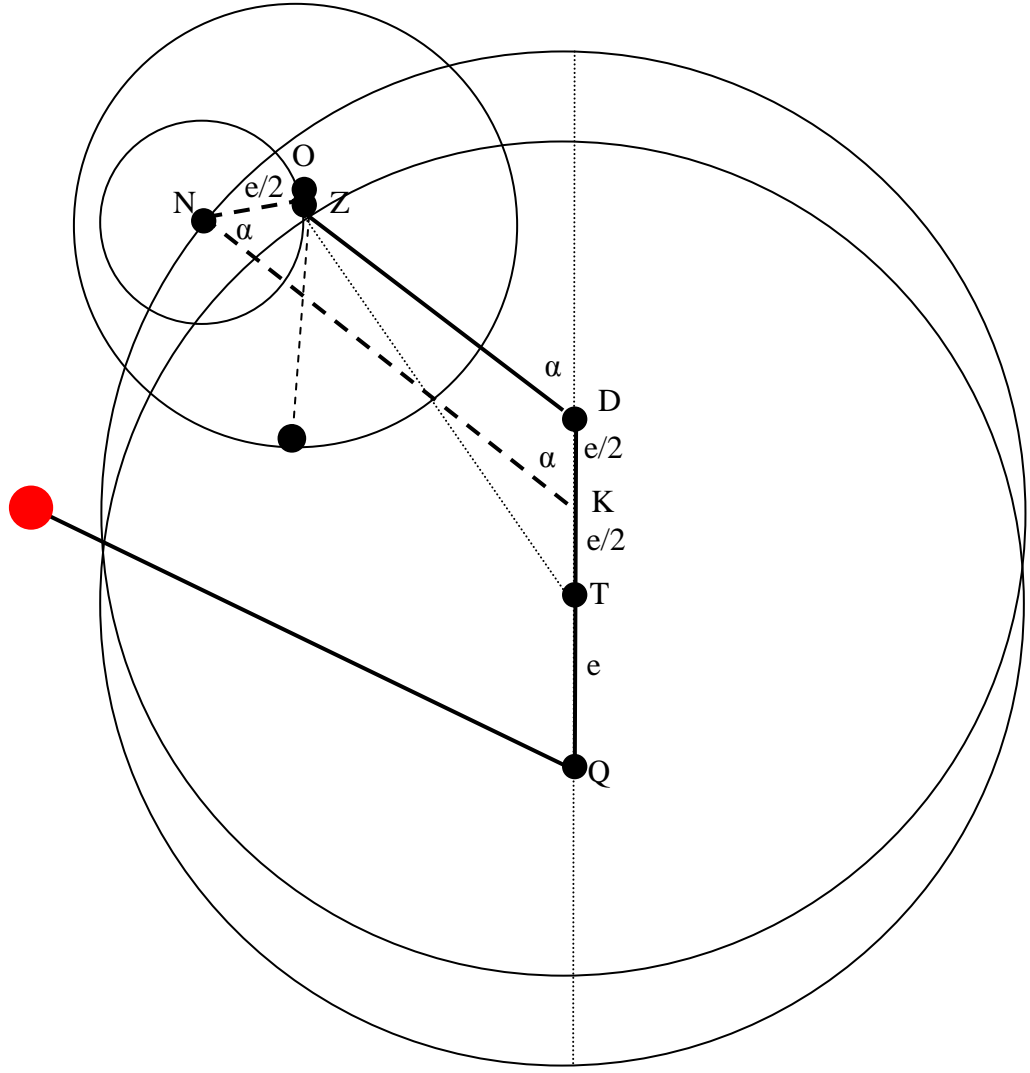


‘Urdî Yardımcı Teoremi

Buna göre yukarıdaki şekilde, taban çizgisi AB ile içten veya dıştan eşit açılar yapan eşit uzunluktaki herhangi iki çizgiyi, AG veya BD, diğer uçlardan birleştiren çizgi DG, taban çizgisi AB’ye paraleldir.²⁶³

²⁶² Saliba, İstanbul 2008, s. 182.

²⁶³ Saliba, Massachusetts 2007, s. 203.



Ekvant noktasına çözüm bulmak için Dış Gezegenlere

Uyarlanan 'Urdü Yardımcı Teoremi

‘Urdî, Ptolemaios’un deferentinin merkezi T ile ekuant D noktalarının tam arasında K merkezli yeni bir deferent tanımladı ve bu deferentin üzerinde $TK = KD$ yarıçaplı küçük bir episikl yerleştirdi. Bu episikl, yeni deferent ile aynı yönde ve aynı hızda hareket ediyordu. ‘Urdî, ‘Urdî Yardımcı Teoremi’ni uygulayarak küçük episiklın yarıçapının ucunu ekuanta bağlayan ZD çizgisinin, yeni deferentin merkezini küçük episiklın merkezine bağlayan KN çizgisine her zaman paralel olacağını gösterdi. Ayrıca, küçük episiklın yarıçapının uç noktası Z’nin, Ptolemaios’un episiklının merkezi O’ya çok yakın olduğunu ve bu iki noktanın birbirinden ayırt etmenin neredeyse imkânsız olduğunu gösterdi. Böylece, Ptolemaios’un modelinde O noktasının D noktası çevresindeki düzenli hareketinin aslında, N noktası çevresinde düzenli bir hareket olduğu ortaya çıkıyordu. N noktası da K çevresinde düzenli hareket ediyordu ve böylece Z noktası D noktası etrafında düzenli hareket etmiş gibi görünüyordu. Sonuç olarak Ptolemaios’un gözlemleri yine geçerli oluyordu.²⁶⁴

“(…) ‘Urdî Lemma’da tüm küreler oldukları yerde, kendi merkezlerinden geçen eksenler çevresinde dönüyordu. (...)”²⁶⁵

“(…) ‘Urdî Lemma, Tûsî Çifte Bağı gibi bir dönem başlatmış ve astronomların Ptoleme astronomisine değişik bir açıdan bakmalarını ve onu geliştirme olanaklarını incelemelerini sağlamıştır.”²⁶⁶

²⁶⁴ Saliba, Massachusetts 2007, s. 153.

²⁶⁵ Saliba, İstanbul 2008, s. 238.

²⁶⁶ Saliba, s. 183.

4.1.3. Kutbeddîn el-Şîrâzî

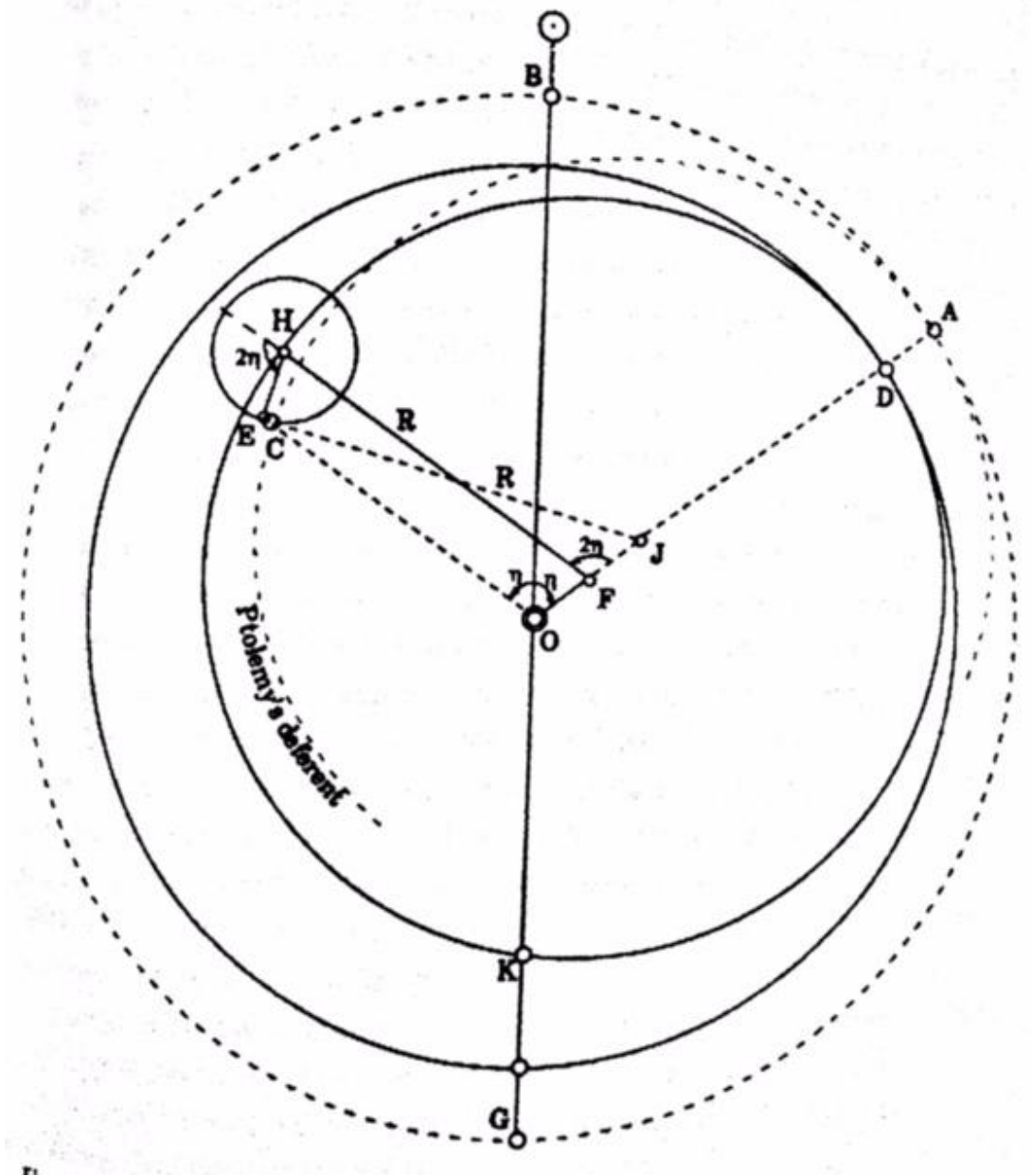
Kutbeddîn el-Şîrâzî (ö.1311), Tûsî ile başlayan “Yeni Kuramsallaştırma Denemesi”nde önemli bir adımı temsil eder. Yeni bir teorem üretmemiştir ancak, *Nihâyet el-İdrâk fî Dirâyet el-Eflâk* ve *el-Tuhfet el-Şâhiyye fî İlm el-Hey’e* adlı eserlerinde ‘Urdî ve Tûsî’nin teoremlerini iyi bir şekilde kullanmaya çalışmıştır.

“(…) Şîrâzî, Ay ve Üst Gezegenler Modelleri için “‘Urdî Lemma’yı, Merkür modeli için “Tûsî Çifte Bağı”nı kullandı. Merkür için Tûsî Çifte Bağı kullanması çok önemlidir. Çünkü sadece Tûsî’nin yenilgiyi kabul ettiği bir alanda başarılı olmamış, aynı zamanda Ptoleme astronomisinin dışına çıkmıştır. Bu başarı Şîrâzî’yi zamanının astronomları arasında ön plana çıkarmıştır ve yeni fikirlerin kabul edilip uygulanması açısından da önemlidir. (...)”²⁶⁷

‘Urdî Yardımcı Teoremi’ni, kendi Ay modelinde ve üst gezegenler modelinde, Tûsî Çifte Bağı’nı ise Merkür modelinde kullanmıştır. Ay modelinde eleştirdiği ekuantı kullanmamak için, Ptolemaios’un Ay deferentinin eksantrikliğini iki eşit parçaya bölmüştür. Bunu dengelemek için, ‘Urdî’nin üst gezegenlerde yaptığına benzer şekilde dairenin çevresine küçük bir daire yerleştirmiştir. Küçük daireyi deferent ile aynı yönde ve aynı hızda hareket ettirmiştir. Çünkü bu şekilde iki eşit iç açı ve paralel çizgiler oluşmasını sağlamıştır. Böylece deferentin merkezi çevresinde düzenli hareket eden küçük dairenin yarıçapının ucu, evrenin merkezi çevresinde düzenli hareket ediyormuş gibi görünecekti. Bu da Ptolemaios’un gözlemleriyle, yani fiziksel gerçeklikle uyumluydu.²⁶⁸

²⁶⁷ Saliba, İstanbul 2008, s. 190.

²⁶⁸ Saliba, s. 189, 190.



Kutbeddîn el-Şîrâzî'nin Ay Modeli

Yukarıdaki şekilde evrenin merkezi O ile Ptolemaios'un deferentinin merkezi J noktasının tam ortasında olan F merkezli yeni bir deferent tanımlansın. Yarıçapı, iki deferentin merkezleri arasındaki uzaklık olan FJ'ye eşit olan H merkezli bir episikl dairesi durumu dengelemek için yerleştirilsin. Episikl dairesi, F merkezli yeni deferent ile aynı hızda ve aynı yönde hareket ettirilsin. Bu durumda, EO çizgisi HF çizgisine her zaman paralel olur. Dahası C noktası, evrenin merkezi O'nun etrafında hareket ediyor gibi görünür.²⁶⁹

Şîrâzî'nin çalışması gezegen hareketlerini açıklamak için alternatif matematiksel çözümler de olabileceğini göstermiştir. Çünkü Merkür modeli için Tûsî'nin kendisi bile Tûsî Çifte Bağı'nı kullanmazken, Şîrâzî'nin bu adımı atmış olması çok önemlidir. Astronomide yeni fikirlerin kabul edilip kullanıldığının bir işaretidir. Şîrâzî'nin Merkür modeli, aynı fiziksel soruna alternatif çözümlerin arandığının önemli bir göstergesidir.²⁷⁰

²⁶⁹ Saliba, s. 189.

²⁷⁰ Saliba, s. 190, 191.

4.1.4. İbn el-Şâtır

İbn el-Şâtır (ö.1376), pek çok yönden Kopernik'in öncüsü sayılan önemli bir bilim adamıdır. Kendinden öncekilerin çalışmalarından yararlanmış ve sahip olduğu farklı bakış açısıyla, astronomiye kavramsal değişiklikler getirmiştir.²⁷¹

İbn el-Şâtır, *Nihâyat el-Sûl* ve *Ta'lik el-Ersâd* adlı eserlerinde, gezegenlerin, Merkür'ün ve Ay'ın ve Güneş'in hareketlerini ele almış ve bunları açıklamak üzere yeni modeller öne sürmüştür. Onun Ay modeli ve Merkür modeli Kopernik'in modellerinin aynısıdır. Üst gezegenler söz konusu olduğunda ise, ekuant noktası içermeyen ve gezegenlerin hareketlerini açıklayabilen, fiziksel gerçeklikle uyumlu bir model oluşturmuştur.

Aristoteles'in evrensel kozmolojisi gereğince, Dünya'nın evrenin merkezinde olduğu ilkesini ihlal ettiği için, eksantrik daireleri kullanmanın gerekçelendirilemez olduğunu düşünmüş, eksantrik kavramının kozmoloji temelleri ile uyuşmadığını ileri sürmüştür. Bu nedenle, tüm modellerini Dünya merkezli yapmış ve kesinlikle eksantrik daire kullanmamıştır.²⁷²

Episikl sorununa getirdiği çözüm ile Aristoteles'e sağlam bir şekilde karşı çıkar, çünkü Aristoteles'e göre episikllara izin verilemez. Episikl küresi, bir ağırlık merkezinin çevresinde hareket etmeliydi, o zaman da Aristoteles'in eterden oluştuğunu varsaydığı göksel alanda bir bileşim söz konusu oluyordu. Yıldızların ışık saçarken, onları taşıyan ve aynı element eterden oluşmuş kürelerinin ışık saçmaması, İbn el-Şâtır'a saçma geldi. İbn el-Şâtır gezegen episiklları bileşiminin, sabit yıldızlar ve gezegenlerin bileşimi gibi olması gerektiğini söyledi. Daha sonra, hazırladığı tüm

²⁷¹ Saliba, s. 192.

²⁷² Saliba, s. 192.

modellerinde, tüm eksantrik daireleri çıkardı ve bunların yerine eksantrikliği dengelemek için episiklları kullandı. Sonuç olarak tüm modellerini kesinlikle Dünya merkezli yaptı. ‘Urdî’nin üst gezegenlerde kullandığı ‘Urdî Yardımcı Teoremi ile bir episikl daha ekleyerek Ptolemaios’un ekuant sorununu çözüme kavuşturdu.²⁷³

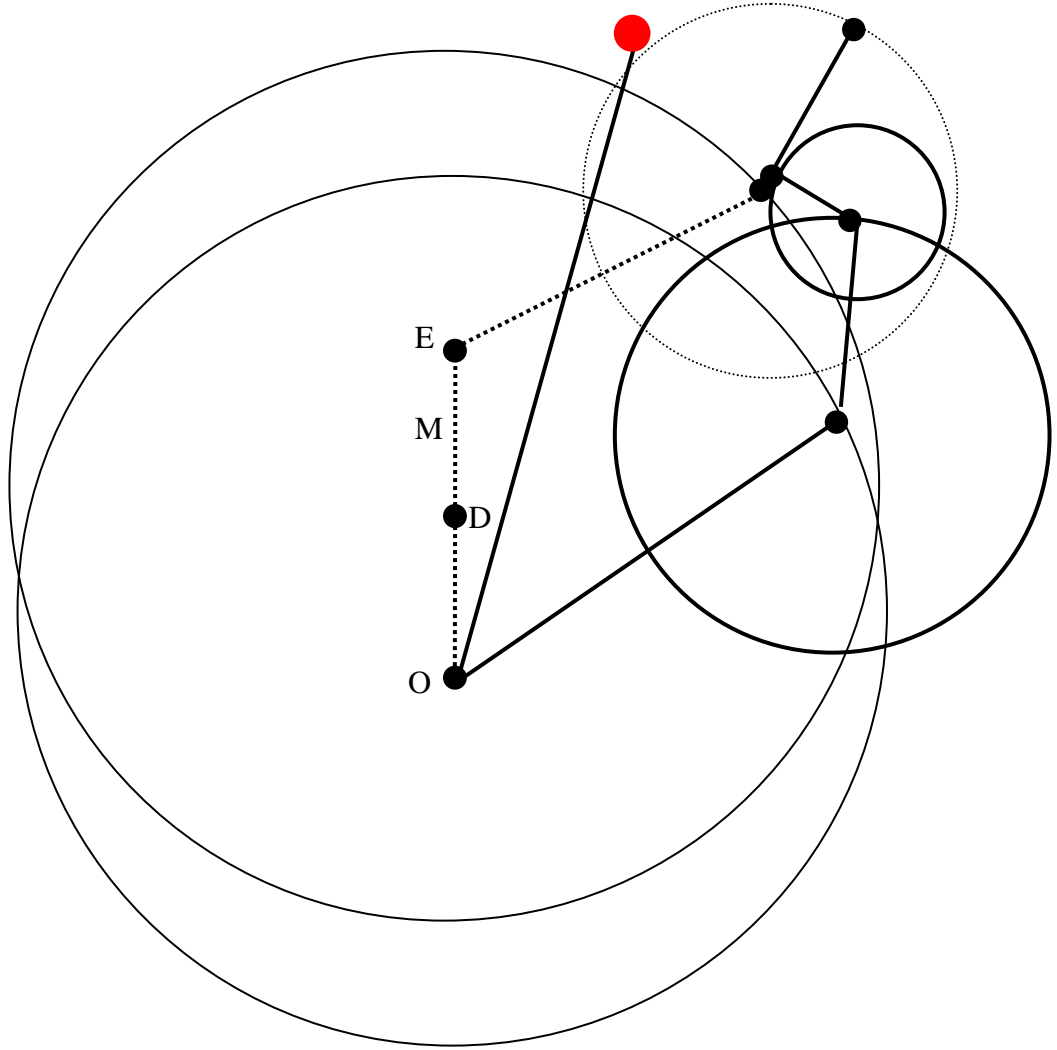
“İbn al-Shatir’in eserleri öte yanda, Aristo kozmolojisinin gereği olarak eksantrikleri tümüyle ortadan kaldırmış, gökbilimsel modelleri çok sayıda şeklin neden olduğu hantallıktan kurtarmış ve tüm gezegen modellerini, her seferinde sadece iki dış çember kürenin parametrelerini değiştirerek dünya merkezli bir biçim altında toplamıştır. “Tuhaf” bir gelişme ile bu birleştirilmiş model, güneş merkezli kozmolojinin modellerinde de kullanılmıştır. Kopernik’in yapması gereken tek şey, İbn al-Shatir’in modellerini almak, güneşi sabit tutmak ve Yerküre ile onu merkeze almış tüm gezegenleri güneşin çevresinde döndürmektir. Nitekim Kopernik aynen bu şekilde İbn al-Shatir’in dünya merkezli modellerini alıp güneş merkezli yapmıştır.”²⁷⁴

Ptolemaios’un tutarsızlıklarına kapılmadan gözlem sonuçlarına göre kuramsal modeller oluşturması ve bunun sonucunda Dünya merkezli alternatif bir model kurması, İbn el-Şâtir’in önemini ve onun Kopernik astronomisi ile olan ilişkisini ortaya koyar.²⁷⁵

²⁷³ Saliba, s. 151, 192, 193.

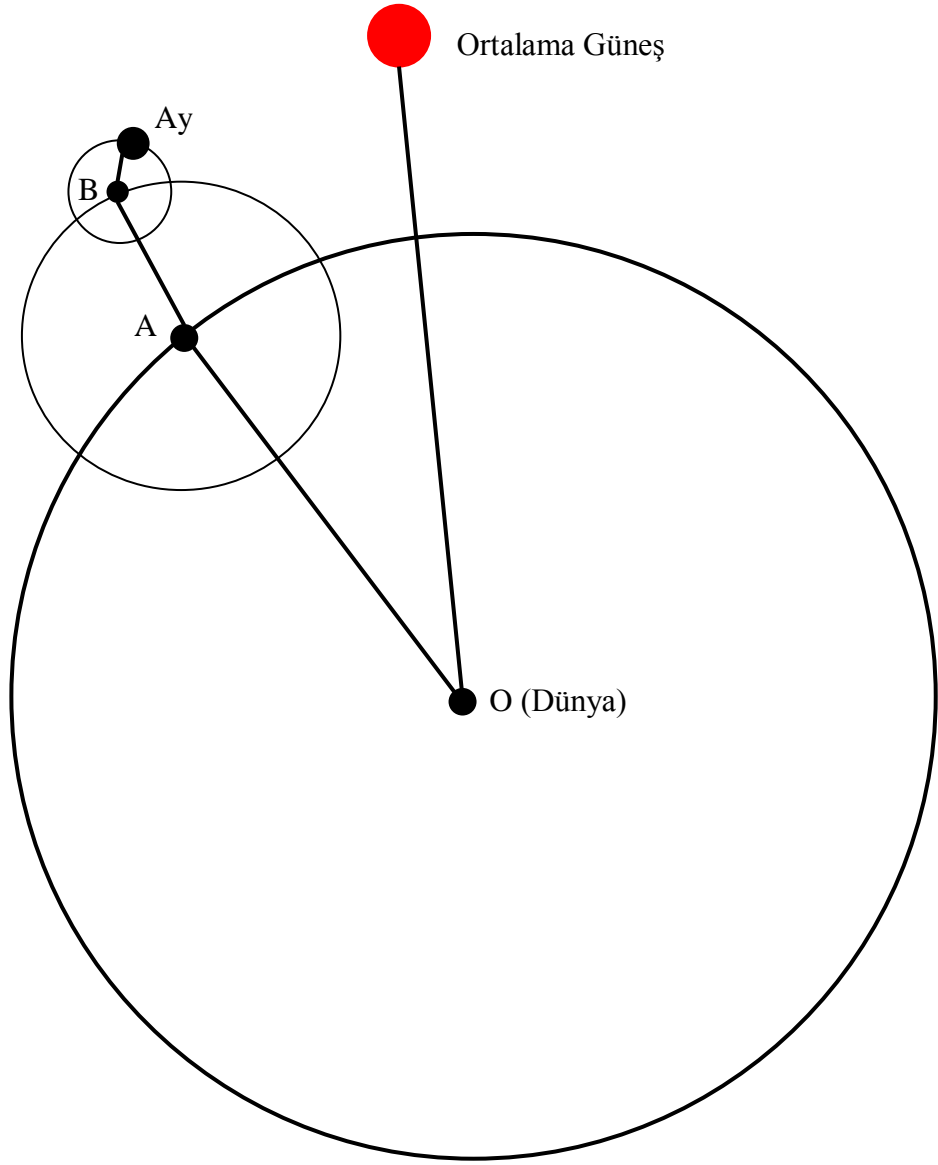
²⁷⁴ Saliba, s. 225, 226.

²⁷⁵ Saliba, s. 195.

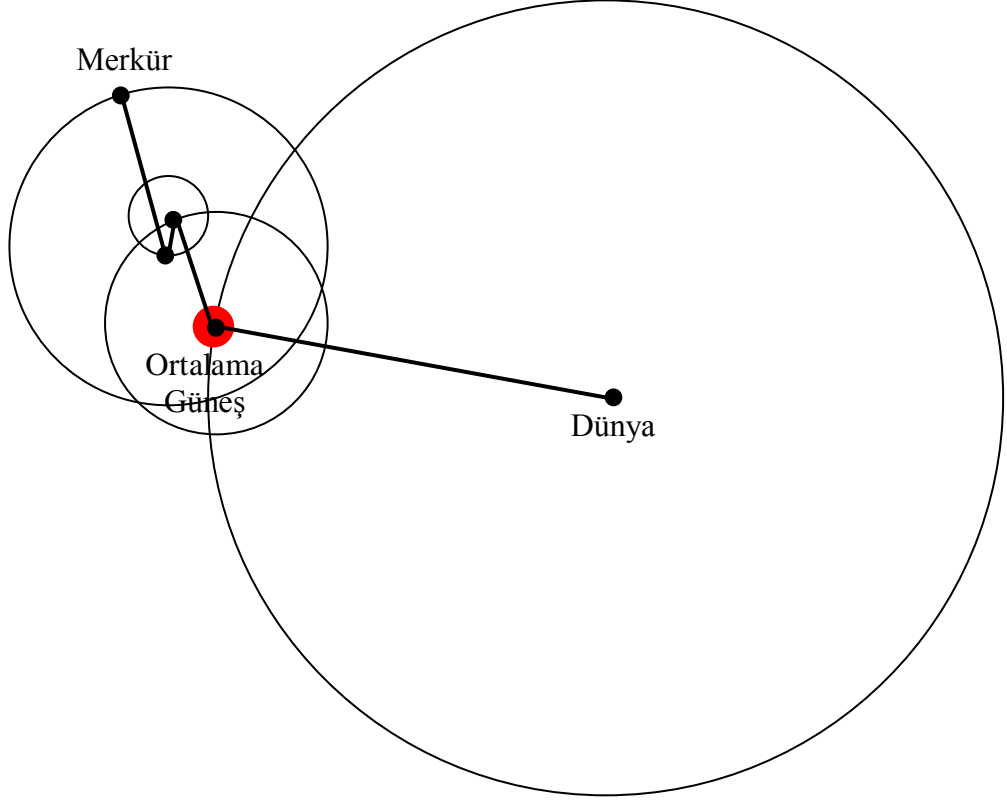


Eküant noktasına çözüm bulmak için Dış Gezegenlere

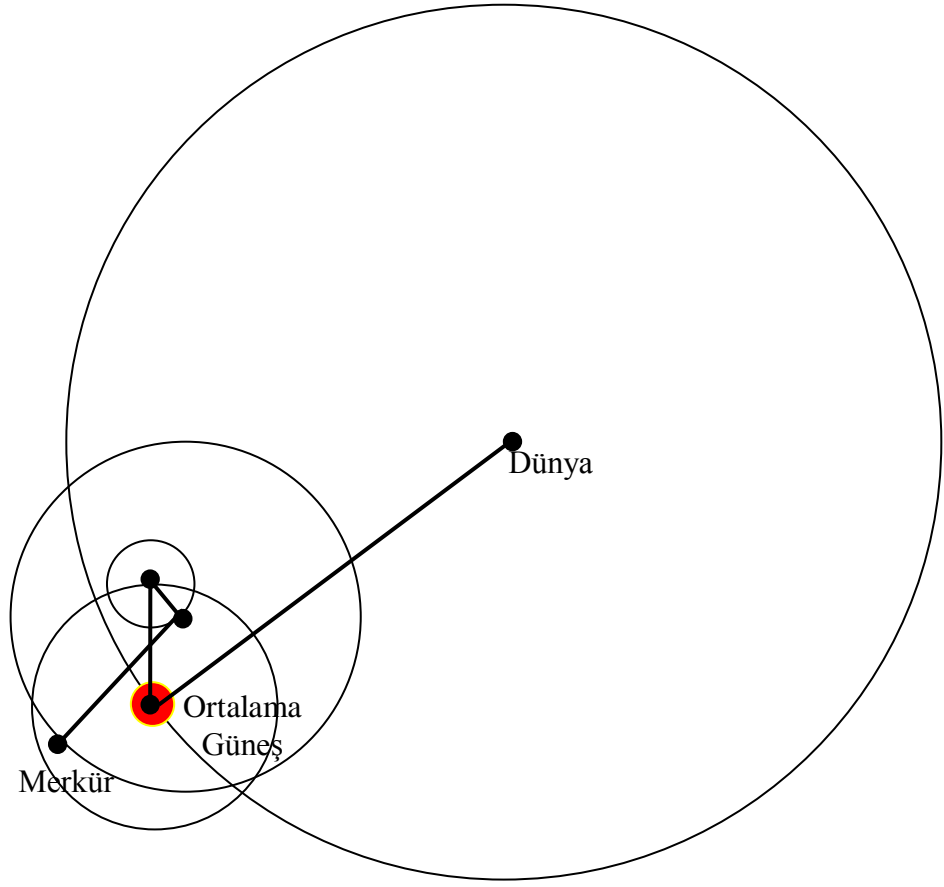
Uyarlanan İbn el-Şâtır'ın Modeli



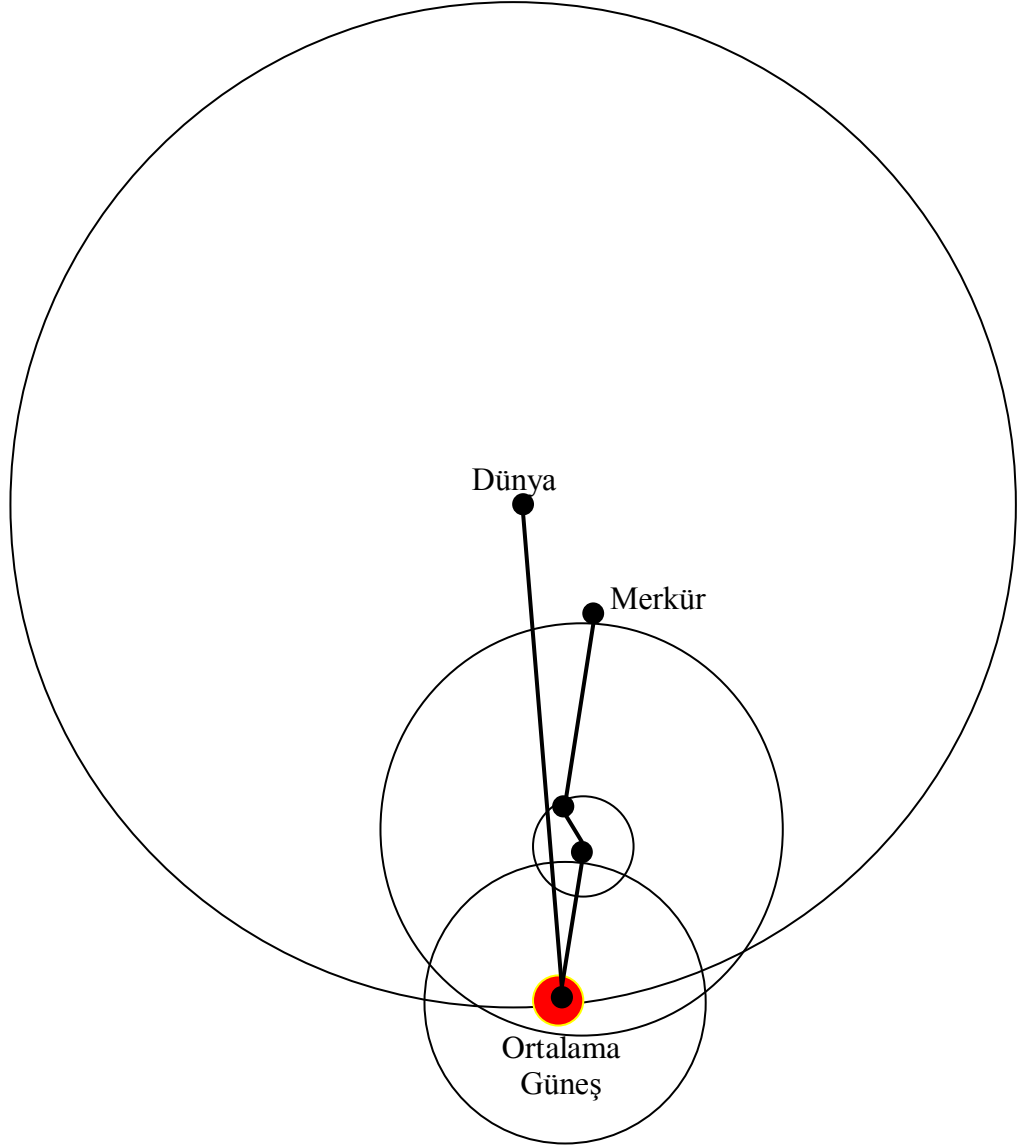
İbn el-Şâtır'ın Ay Modeli



İbn el-Şâtır'ın Merkür Modeli



İbn el-Şâtır'ın Merkür Modeli



İbn el-Şâtır'ın Merkür Modeli

4.1.5. Ali Kuşçu

XV. yüzyıl astronomisinin en önemli isimlerinden biri olan Ali Kuşçu'nun (ö.1474) tam adı Kuşçu-zâde Ebû'l-Kâsım Alâuddîn (yahut Zeynuddîn) Ali b. Muhammed'dir.²⁷⁶

Cemşid al-Kâşî (y. 1429), Kadızade-i Rumî (ö. 1440 sonrası) ve Uluğ Bey gibi âlimlerin yanında eğitim görmüştür. Bununla beraber bazı kaynaklara göre Seyyid Şerif Cürcânî'nin (ö. 1413) de öğrencisi olmuştur.²⁷⁷

Ali Kuşçu'nun astronomi, matematik ve dini konulara ilişkin pek çok eseri bulunmaktadır.²⁷⁸ Matematik eserlerinden en önemlilerinden biri *Risâle der 'İlm-i Hisâb* (Farsça)'tır.²⁷⁹ Astronomi eserlerinden ise *Fethiyye* (Arapça)²⁸⁰ ve *Risâle Der İlmi Hey'e* (*Gökbilim Risâlesi*, Farsça)²⁸¹, *Risâle fi Hall Eşkâl el-Mu'addil li'l- Mesîr*

²⁷⁶ İhsan Fazlıoğlu'ndan naklen, <http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/1.php?id=163> (20.10. 2015).

²⁷⁷ İhsan Fazlıoğlu'ndan naklen, <http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/1.php?id=163> (20.10. 2015).

²⁷⁸ Eserlerinin tam bir listesi için bkz., Müjgan Cunbur, *Ali Kuşçu Bibliyografyası*, Ankara 1974., Cengiz Aydın, "Ali Kuşçu", *T.D.V İslam Ansiklopedisi*, Cilt 2, İstanbul 1989, s. 408-410., Ekmeleddin İhsanoğlu, Ramazan Şeşen, Cevat İzgi, Cemil Akpınar, İhsan Fazlıoğlu, *Osmanlı Astronomi Literatürü Tarihi*, Cilt 2, İstanbul 1997.

²⁷⁹ İçindekiler ve içeriği için bkz., Remzi Demir, Yavuz Unat, "Ali Kuşçu ve *El-Muhammediyye*, *El-Fethiyye* ve *Risâle Fi Hall Eşkâl El-Mu'addil Li'l Mesîr* Adlı Eserinin Türk Bilim Tarihindeki Yeri", *Düşünen Siyaset*, Sayı:16, Ankara 2002, s. 231-255.

²⁸⁰ Ayrıntılı bilgi için bkz., Yavuz Unat, "Ali Kuşçu ve *Fethiyye*", *Uluğ Bey ve Çevresi Uluslararası Sempozyumu Bildirileri*, Ankara 1996, s. 322-329., F. Jamil Ragep, "Ali Kuşçu ve Regiomontanus: Dışmerkezli Dönüşümler ve Kopermik Devrimi", *Osmanlı Bilimi Araştırmaları*, çev.: Yavuz Unat, VII/1, 2006, s. 82- 96., Demir, Unat, Ankara 2002, s. 231-255., Yavuz Unat, *Ali Kuşçu'nun Risâle el-Fethiyye Adlı Eserinin Gök Küreleri Üzerine Olan Dördüncü ve Beşinci Makaleleri Üzerine Bir Çalışma*, Ankara 1990, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi., Yavuz Unat, *Ali Kuşçu: Çağını Aşan Bilim İnsanı*, Kaynak Yayınları, İstanbul 2009.

²⁸¹ İçindekiler ve içeriği için bkz., Demir, Unat, Ankara 2002, s. 231-255.

(*Ekuant Probleminin Çözümlemesi Üzerine, Arapça*)²⁸² ve *Şerh-i Zîc-i Uluğ Bey*'i (*Uluğ Bey Zîci'ne Yorum, Farsça*)²⁸³ sayabiliriz.²⁸⁴

Yetiştığı bilimsel ortam, Ali Kuşçu'nun entelektüel bakış açısını derinden etkilemiştir. Geç dönem eserlerinin en önemlilerinden biri de Nasîrüddîn el-Tûsî'nin teoloji konusundaki eseri *Tecrîd el-Akâid* üzerine yazmış olduğu şerhtir. Yazdığı bu şerhte, astronominin Aristoteles fiziğine olan bağlılığından vazgeçmesi gerektiği konusunda önemli bir sav ileri sürer. Buna ilaveten bu şerhte, Dünya'nın hareketiyle ilgili yeterli gözlemsel kanıt bulunmadığını ve Aristoteles'in doğa felsefesi savlarına bağlı kalmak istemediği için Dünya'nın dönmesinin mümkün olduğunu savunmuştur.²⁸⁵

Ali Kuşçu eksantrik modellerin iki iç gezegen için de kullanılabileceğini söylemiş ve muhtemelen bu mesele ile uğraşmaya, Ptolemaios'un Merkür modeline alternatif olabilecek yeni bir model üzerinde çalışırken başlamıştır. Ali Kuşçu, Ptolemaios'un gezegen modellerinin çoğunda yer alan düzensiz dönme hareketlerine itiraz eden ve alternatif modeller öneren İslam astronomi geleneği içinde yer alır.²⁸⁶

Ali Kuşçu'ya göre, Ptolemaios iç gezegenlerde gezegenin Güneş ile olan ilişkisinden kaynaklanan sapmasını açıklamak için, Merkür'ün episikl modeli yerine, eksantrik bir model koymanın mümkün olmadığını ifade etmiştir. Başka bir deyişle

²⁸² Ayrıntılı bilgi için bkz., George Saliba, "Al-Qushji's Reform of the Ptolemaic Model for Mercury", *Arabic Science and Philosophy*, 1993, Cilt 3, s. 163-203.

²⁸³ Uluğ Bey Zîci için bkz., Uluğ Bey, *Uluğ Bey'in Astronomik Cetvelleri, Zîc-i Uluğ Bey*, çev.: Atilla Bir, Mustafa Kaçar, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, Ankara 2012.

²⁸⁴ Tuba Uymaz, *Seydî Ali Reis'in Hülâsa el-Hey'e (Astronominin Özeti) Adlı Eseri Üzerine Bir İnceleme*, Ankara 2009, s. 7, 8, 9, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

²⁸⁵ Ayrıntılı bilgi için bkz. Ragep, 2004, s. 125- 142., Ragep, İstanbul 2006, s. 82- 96., F.Jamil Ragep, "Freeing Astronomy from Philosophy: An Aspect of Islamic Influence on Science", *Osiris*, XVI, 2001, s. 49-71.

²⁸⁶ Ragep, İstanbul 2006, s. 82- 96.

Ptolemaios, en hızlı hareket ile ortalama hareket arasındaki zaman farkının, her zaman ortalama hareket ile en yavaş hareket arasındaki zaman farkından daha büyük olduğunu görerek, bu durumu eksantrik model ile değil, episikl model ile açıklanabileceğini ileri sürmüştür.²⁸⁷ Ancak Ali Kuşçu, *Risale fî Hall Eşkâl el-Mu‘addil li‘l-Mesîr* adlı makalesinde, Ptolemaios’un Merkür modelini eleştirerek, kendi merkezleri etrafında muntazam hızda dolanan daireler kullanmıştır. *Risale fî Asl el-Hâric Yumkinu fî el-Sufliyeyn* adlı makalesinde de gezegenlerde episiklların yerine eksantriklerin kullanılabilceğinin bir kanıtını vermiştir. *Fethiyye* adlı eserinde ise, Kopernik tarafından kullanılan ve Regiomontanus tarafından ortaya atılan “gezegenlerin Güneş ile ilgisi” meselesinden bahsetmiştir.²⁸⁸

²⁸⁷ Ragep, 2006, s. 82- 96.

²⁸⁸ Unat, 2009, s. 74.

4.2. Kopernik ve Güneş Merkezli Sistem'in Doğuşu

Kopernik ve Ptolemaios'un Güneş modelleri karşılaştırıldığında, iki model arasındaki farklılığın ilk olarak kozmolojik değişiklikten kaynaklandığını görülür. Çünkü modellerin biri Dünya'yı merkeze alırken diğeri Güneş'i merkeze alır.

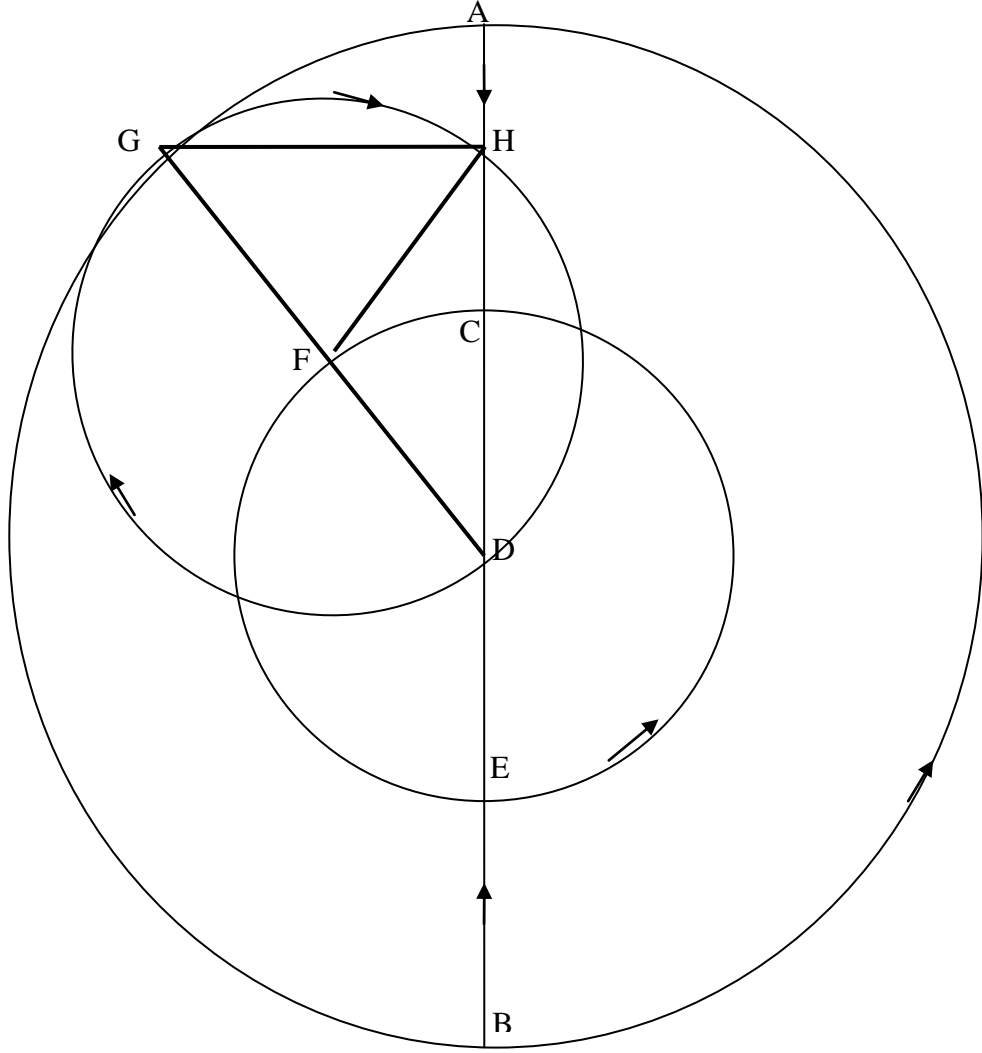
Ptolemaios'a göre Güneş'in bir anomalisi, Kopernik'e göre ise Güneş'in iki anomalisi vardır. Bu durumda kozmolojik değişikliğe ilaveten, Güneş'in ikinci anomalisinde kullanılan, geometrik-kinematik bir tasarım farkının da bulunduğu görülür.

Kopernik'e göre Dünya'nın hareketinin en büyük kanıtlarından biri, tropikler ve ekinoksların düzensiz hareketidir. Dünya'nın hareketi nedeniyle ekvator ve ekliptiğin ortak kesitlerinin ilerlediğini ve bu nedenle yıldızların geride kalmış gibi göründüklerini belirtmiştir. Tropik ve ekinokslara ait devinmeleri değişimli olarak artıran ve azaltan başka bir hareketin de “salınımlar” olduğunu söyleyen Kopernik'e göre, salınım hareketi, düzenli hareketler yoluyla ortaya çıkan ikiz hareketlerdir.²⁸⁹ Kopernik'in tanımını verdiği salınım hareketleri, Nasîrüddîn el-Tûsî'nin Kopernik'ten üç yüzyıl önce tanımladığı “Tûsî Çifte Bağı”nda açıklanan salınım hareketi ile tamamen aynıdır.

Kopernik'in ulaştığı teknik sonuçlar ile Merâga astronomlarının iki ya da üç yüzyıl önce ulaştığı teknik sonuçlar arasında belirgin bir benzerlik olduğu görülür. Ancak tek fark, Kopernik Güneş'i merkeze alırken, Merâga astronomlarının Dünya'yı merkeze almalarıdır. Ancak matematiksel olarak, modern terminolojide,

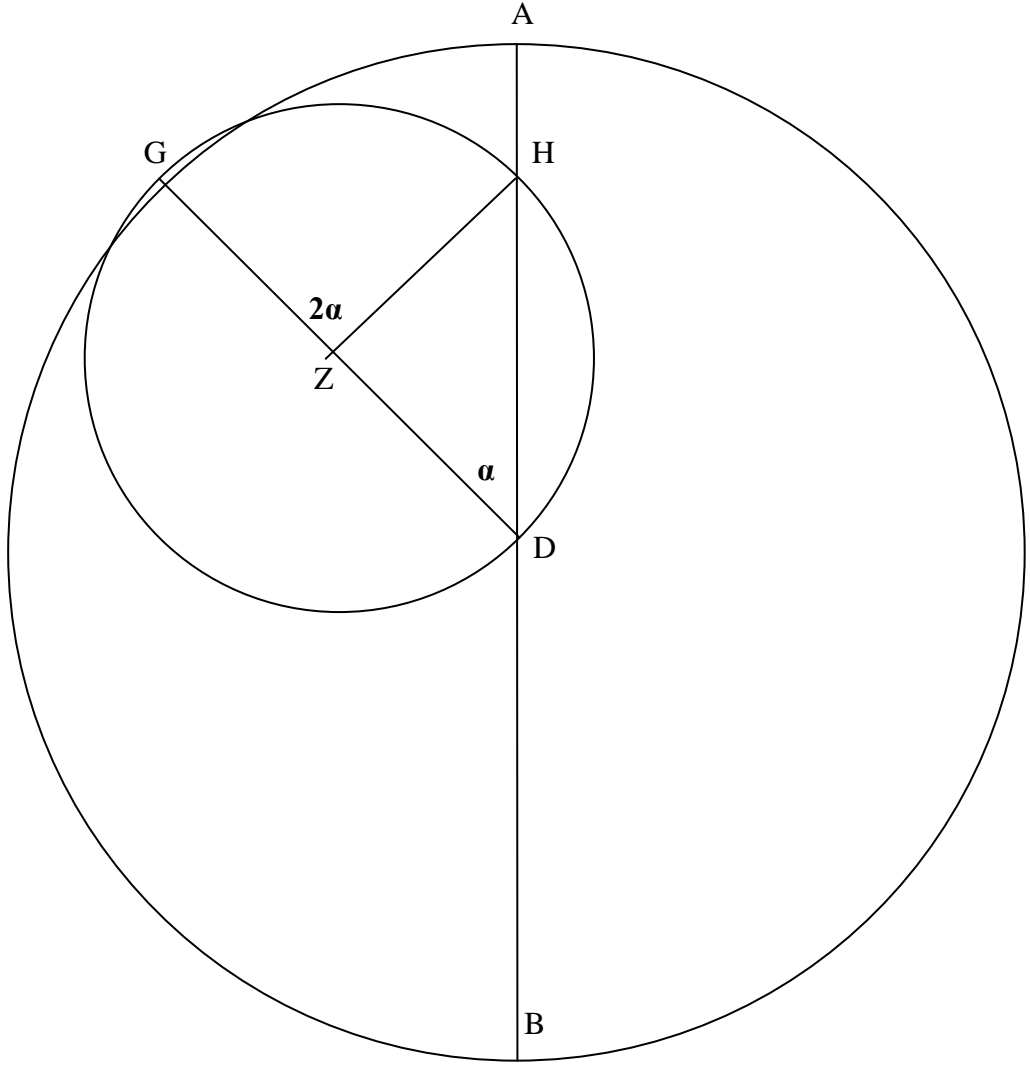
²⁸⁹ Copernicus, İstanbul 2010, s. 216, 217.

Güneş'i Dünya'ya bağlayan vektörün yönünün ters çevrilmesidir ve bu matematiksel olarak, Merâğa astronomlarının yaptığından daha önemli değildir.²⁹⁰



Kopernik'in Modellerinde Kullandığı "Tûsî Çifte Bağı"

²⁹⁰George Saliba, *A History of Arabic Astronomy*, New York University Press, New York and London 1994, s. 255, 256.



Nasirüddîn el-Tûsî'nin "Tûsî Çifte Bağı"

Kopernik, ekinoks ve tropikler düzensiz bir şekilde devindiği için, bir yılın büyüklüğünü sabit yıldızlardan birine göre belirlenen yıldız yılına göre hesapladığını söyler. Çünkü Güneş yılının düzenli olması gereklidir. Ptolemaios ise, yılın büyüklüğünü Güneş'in kendi dönüşüne göre, diğer bir deyişle bir tropik ya da ekinokstan aynı tropik ya da ekinoksa kadar geçen süre olarak (mevsim yılı) hesaplar.

Kopernik, yıldız yılı ile mevsim yılı arasındaki farka ilk kez Hiparkos'un değindiğini söylemiştir. Hiparkos, bu farklılığa değinmiş olmasına rağmen hesaplarını mevsim yılına göre yapmıştır. Güneş yılının düzenli olması gerektiğinden, sabit yıldızlar küresinden daha doğru bir şekilde hesaplanacağını söyleyen Kopernik, hesaplarını yıldız yılına göre yapan ilk ismin Sabit ibn Kurra (ö. 901) olduğuna dikkat çeker.

(...) O halde Güneş yılının karşılığı, ilk defa Thebites Chorae filius'un (Sabit ibn Kurra) bulduğu gibi, sabit yıldızlar küresinden daha doğru bir şekilde hesaplanır; buna uygun olarak yılın uzunluğu da, öğrenilen yılın, ekinokslara ve gündönümlerine nispetle yavaş geçişte, hızlı geçişte olduğundan daha yavaş olacağına dair akla yatkın kanıta göre, yaklaşık olarak 6 saat 9 dakika 12 saniyeye denk gelen, 365 gün 15 dakika 23 saniyedir; sabit yıldızlar küresine göre bir eşitlik söz konusu olmasaydı, bu durum böyle sonuçlanmazdı. (...)²⁹¹

²⁹¹ Copernicus, s. 251.

Ptolemaios'tan farklı olarak, sınırsız bir evren tasarımına değinen Kopernik'e göre, Dünya ile Güneş arasında sabit yıldızlar küresinin enginliğiyle kavranamayacak bir uzaklık varsa, bu durumda Güneş, aynı küredeki bir noktaya ya da yıldıza göre düzenli bir harekete sahip olabilir.²⁹²

“(…) Her ne kadar Dünya'nın yüzeyinden çekilen çizgiyle Dünya'nın merkezinden geçen çizginin birbirinden farklı olması gerekiyorsa da Dünya'ya ilişkin bu çizgiler hesap edilemez ölçüde büyük olduğundan, sanki paralellermiş gibi görünür. Çünkü sonlandıkları noktaların pek uzakta olması, onları sanki tek çizgiymiş gibi gösterir ve aralarındaki mesafe bu çizgilerin uzunluklarından ötürü anlaşılmasız düzeydedir. Kuşkusuz bu veri de Dünya'yla karşılaştırıldığında göklerin uçsuz bucaksızlığını ya da sınırsız büyüklüğünü, duyularımıza göre söyleyecek olursak Dünya'nın göklere kıyasla bir cismin tek noktası kadar olduğunu veyahut sınırsız büyüklükteki bir nesnedeki sınırlıyı temsil ettiğini ortaya koyar. Fakat bundan başka bir şeyin gösterilemediğini ve bunun da Dünya'nın evrenin merkezinde yer aldığını kanıtlamadığını görüyoruz. (...)”²⁹³

“(…) Gerçekten de Dünya'nın büyüklüğüyle karşılaştırıldığında elimizde göklerin sonsuz olmasından başka hiçbir veri yoktur; bu enginliğin nereye kadar uzandığı neredeyse hiç belli değildir. (...)”²⁹⁴

Ptolemaios'a göre, Güneş'in bir anomalisi vardır. Buna göre Güneş, merkezden kaydırılmış olan Dünya'yı merkeze alarak eksantrik daire etrafında dolar.

Kopernik'e göre ise, Güneş'in iki anomalisi vardır. Birinci düzensizliği anlaşılabilmesi için, bir eksantrik daire çizmiştir. Buna göre Dünya, merkezden kaydırılmış olan Güneş'i merkeze alarak eksantrik daire etrafında dolar. İkinci

²⁹² Copernicus, s. 260.

²⁹³ Copernicus, s. 31.

²⁹⁴ Copernicus, s. 33.

düzensizliği ise, Dünya'nın eksantrik dairesinin merkezinin küçük bir daire üzerinde hareket etmesiyle açıklar.

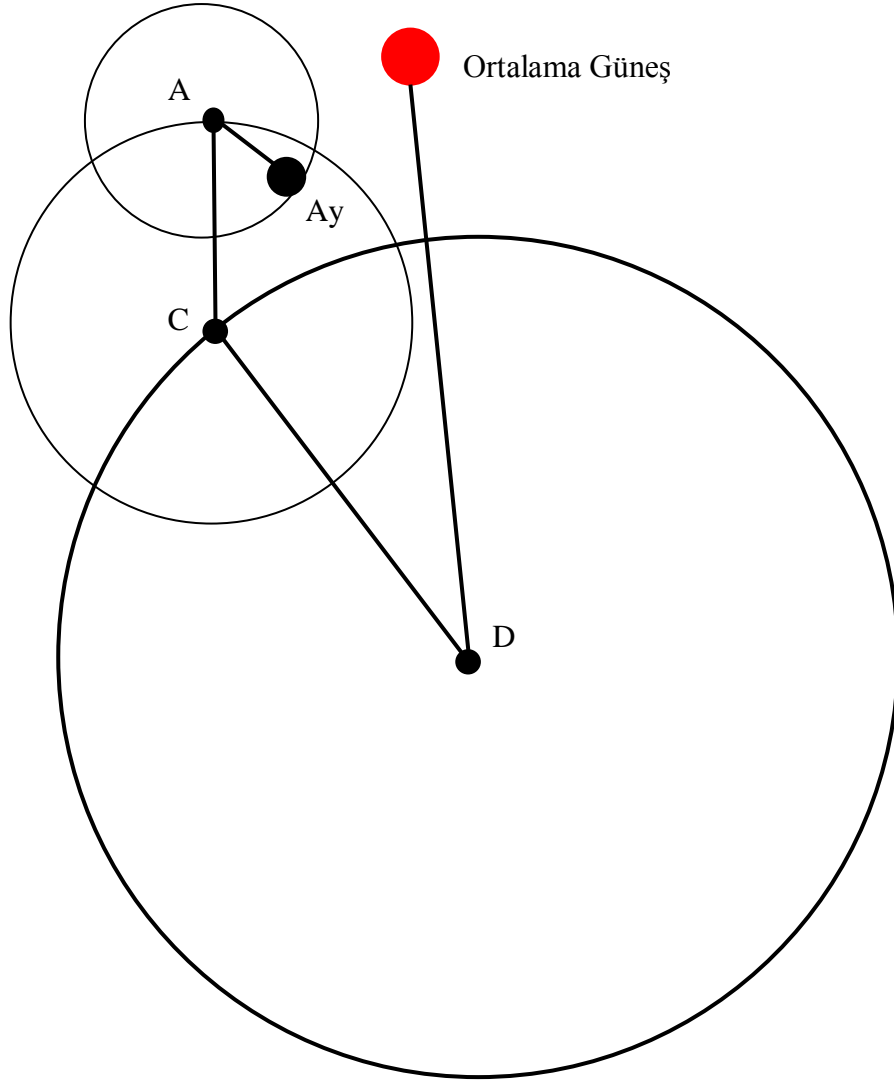
Ptolemaios'un Ay modeli ile Kopernik'in Ay modeline baktığımızda ise iki model arasındaki farkın, tamamen geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklandığı görülür.

Buna göre, Ptolemaios'un modelinde Ay bir episikl üzerinde bulunur. Episikl ise bir taşıyıcı dairenin etrafında dolanır ve bu taşıyıcı dairenin merkezi de ekliptikle eşmerkezli küçük bir daire üzerinde hareketlidir.

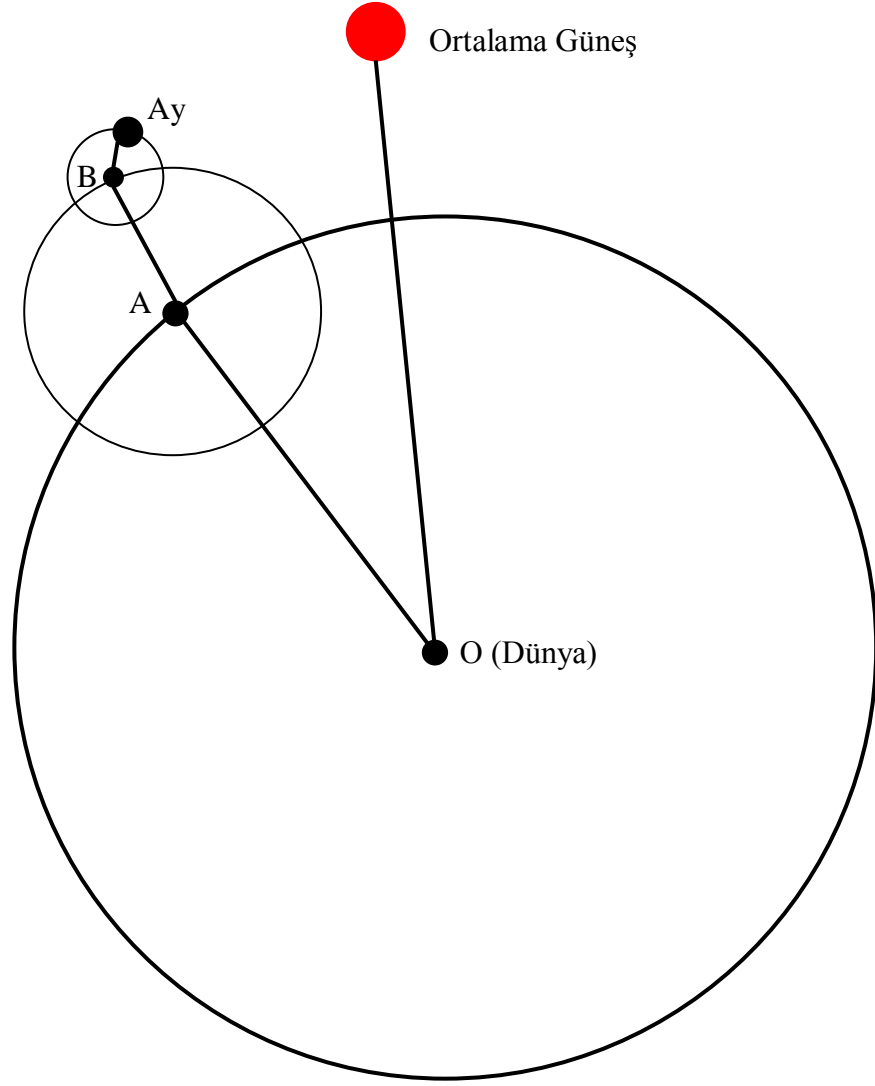
Kopernik ise Ay modelinde, Dünya ile eşmerkezli bir daire çizer ve bu eşmerkezli daire üzerinde, biri büyük ve diğeri küçük olmak üzere iki episikl dairesi vardır. Ay, ikinci episikl dairesi üzerinde yer alır. Episiklin merkezi Dünya'yla eşmerkezli bir dairede üzerindedir.

Bu tasarım farkının nereden kaynaklanıyor olabileceği araştırıldığında, XIV. yüzyılda yaşamış olan İbn el-Şâtır'ın Ay modeli dikkatleri üzerine çeker. İbn el-Şâtır'ın da Kopernik gibi önem verdiği ilk şey, gözlemlenen görüngünün, oluşturduğu modele uyum sağlamasıdır. Kopernik de benzer şekilde Ay modelini oluşturduğunda Ay'ın görünümünün, modeli ile uyumlu olduğunu bildirir.

İbn el-Şâtır'ın Ay modeline baktığımızda, Kopernik'in Ay modeli ile birebir aynı olduğunu görürüz. İbn el-Şâtır da Dünya merkezli bir daire çizmiş ve bu daire üzerine biri büyük ve diğeri küçük olmak üzere iki episikl dairesi yerleştirmiştir. Ay da ikinci episikl dairesinin üzerinde yer alır.



Kopernik'in Ay Modeli



İbn el-Şâtır'ın Ay Modeli

Ptolemaios ve Kopernik'in gezegen modellerine baktığımızda, modeller arasındaki farklar, hem kozmolojik değişiklikten hem de geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklandığını görürüz.

Ptolemaios'un gezegen modellerinde, gezegen bir episikl üzerinde düzenli hareket eder. Bu episikl, bir taşıyıcı daire üzerindedir ve ekuant noktası denilen bir noktaya göre düzenli hareket eder.

Ptolemaios'un ekuantı, gezegenin episiklını taşıyan dairenin içindeki hayali bir nokta etrafında düzenli bir hareket meydana getirip, episiklın söz konusu dairenin bir tarafında diğer taraftakinden daha hızlı dönmesini sağlamıştır.²⁹⁵ Kopernik ise, Dünya'nın yörünge dairesine göre biri eksantrik ve diğeri episikl olmak üzere iki daire kullanmış ve gezegeni episikl dairesinin üzerine yerleştirmiştir. Böylece modelde, episikl dairesinin, kendi merkezinden geçen bir eksen çevresinde düzenli hareket etmesi sağlanmış ve Ptolemaios'un ekuantını çözüme kavuşmuştur.

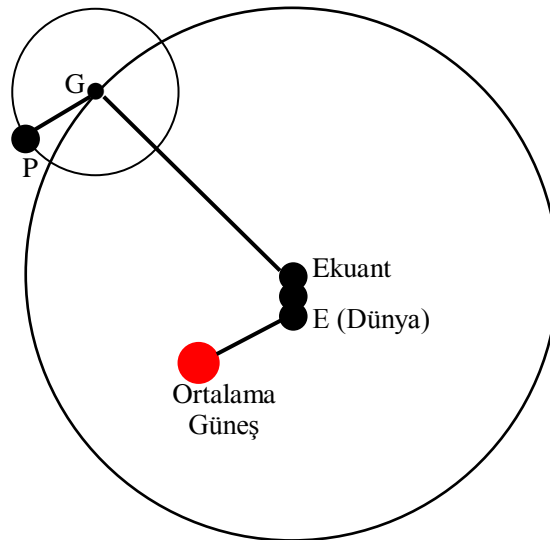
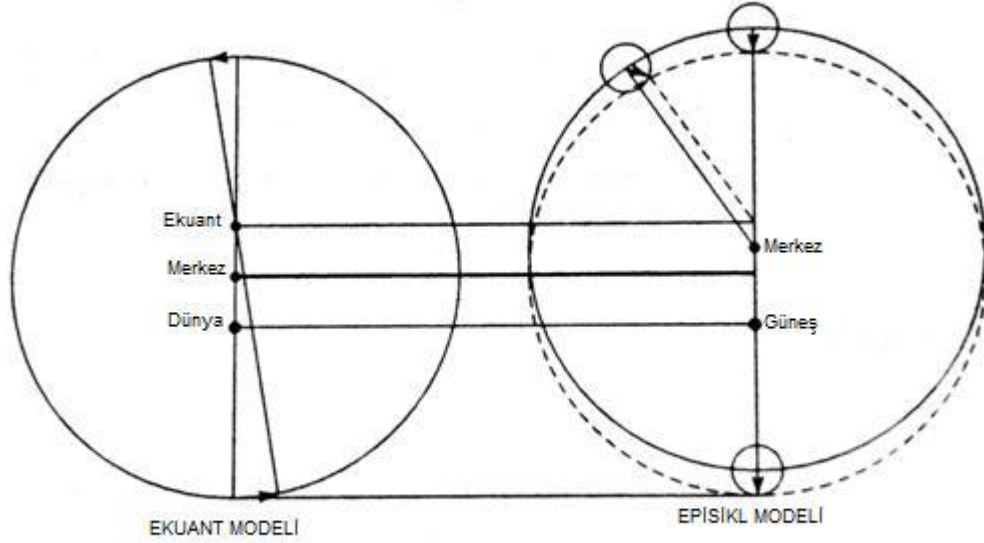
İslam astronomları gibi Kopernik de Ptolemaios'un ekuantından kurtulmak istiyordu ve ekuant olmadan modellerinin daha estetik görüneceğine inanıyordu. Bunun için Merâğa astronomlarının ve İbn el-Şâtır'ın kullandığı modelin aynısını önermesi oldukça ilginçtir.²⁹⁶

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi, Kopernik modelinde ekuant kullanmaksızın Ptolemaios'un ekuant ile açıkladığı gezegen hareketini açıklayabilmiştir. Ptolemaios'un merkez noktası ile ekuant noktasının tam ortasında yeni bir merkez

²⁹⁵ Owen Gingerich, *Kopernik'in Unutulmuş Kitabı*, GOA Yayınları, Çev.: Emre Erbatur, İstanbul 2006, s. 247.

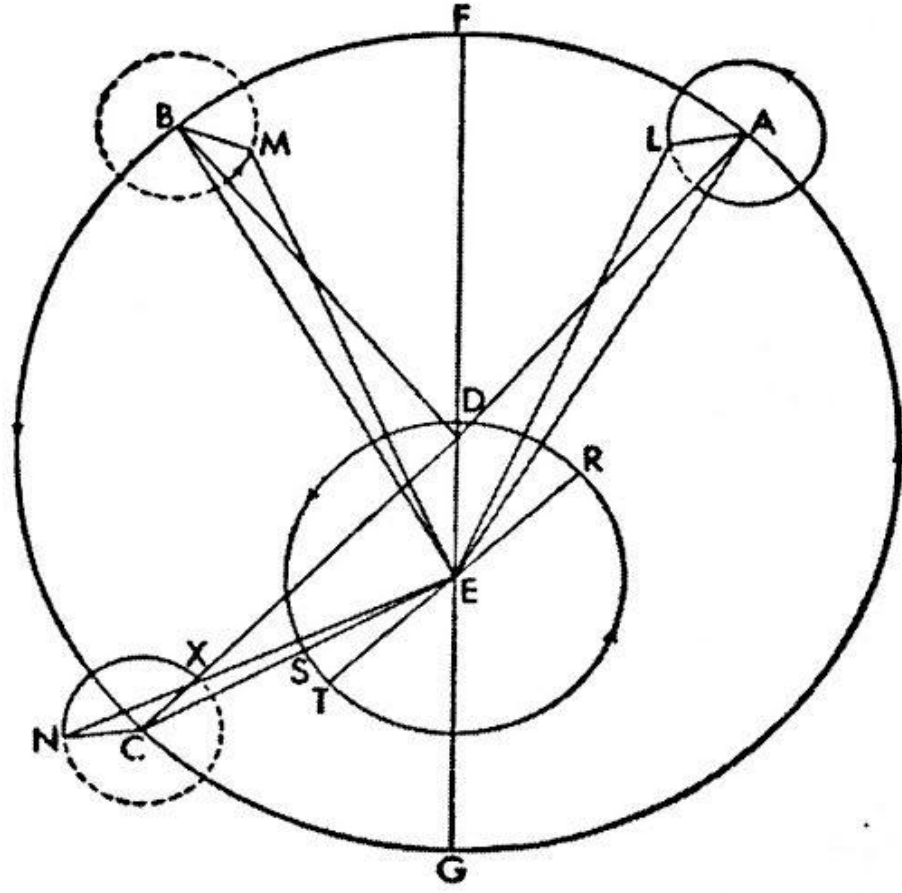
²⁹⁶ Owen Gingerich, James MacLachlan, *Nicolaus Copernicus: Making the Earth a Planet*, Oxford University Press, New York 2005, s. 46, 47.

belirlemiştir. Episiklin merkezi büyük dairenin merkezine göre dolanımını gerçekleştirir. Buna göre episikl her hareket ettiğinde ikizkenar bir yamuk oluşur. Çünkü episiklin yarıçapı Güneş'in merkeze olan uzaklığının üçte biridir. Böylece ekuantın oluşturduğu harekete denk düzenli bir hareket oluşur.²⁹⁷



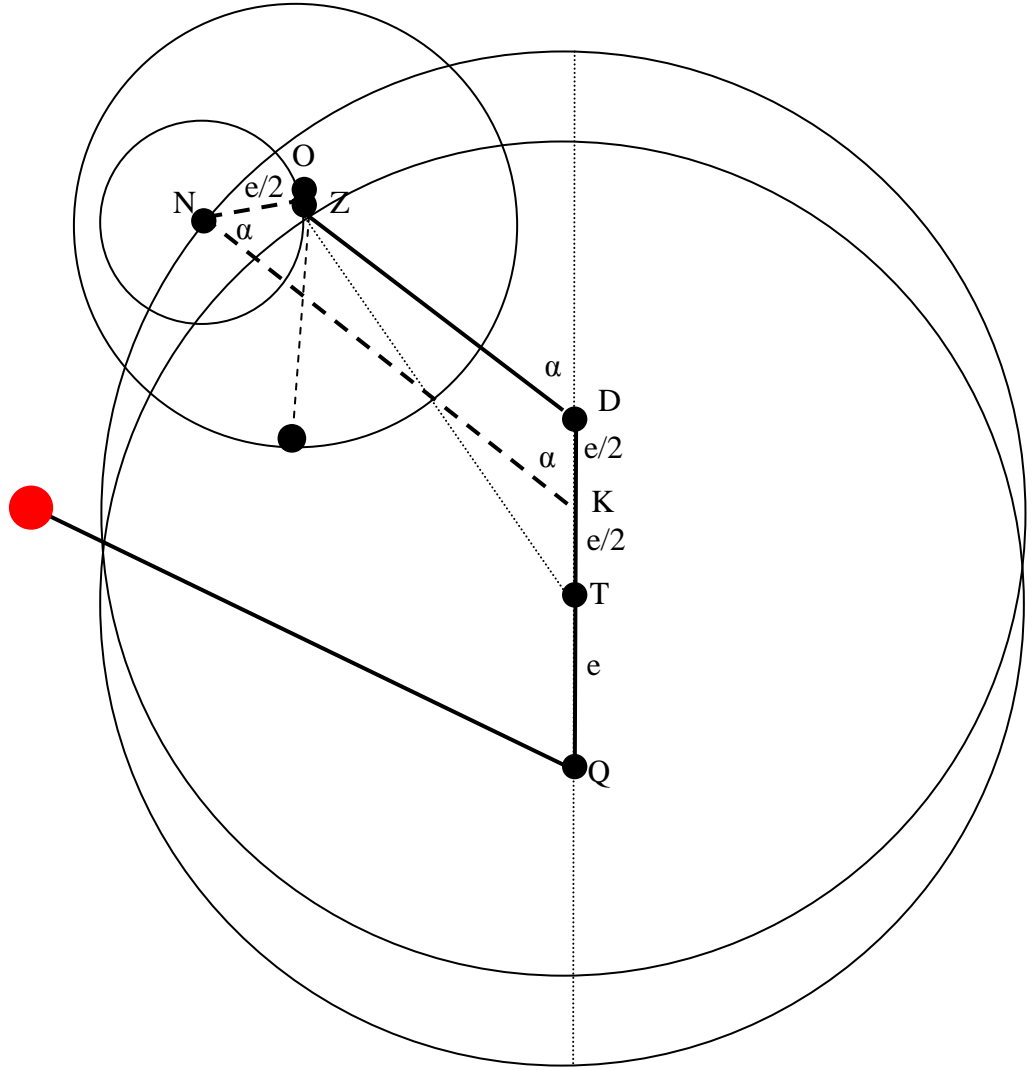
Ptolemaios'un Dış Gezegen Modeli

²⁹⁷ Gingerich, MacLachlan, New York 2005, s. 47.



Kopernik'in Dış Gezegen Modeli

Yukarıdaki şekilde, Kopernik Mars'ın (dış gezegen) devinimlerini açıklayabilmek ve Ptolemaios'un ekvantını dengeleyebilmek için, başka bir ifadeyle gözlemlere uygun olabilmesi için, Dünya'nın yörünge dairesine göre biri eksantrik ve diğeri episikl olmak üzere iki daire kullanmıştır. Buna göre eksantrik daire Mars'ın (dış gezegen) taşıyıcı dairesidir. Mars (dış gezegen) ise, eksantrik dairenin üzerinde bulunan episikl dairesinde bulunur. Böylece de episikl dairesi her hareket ettiğinde ikizkenar bir yamuk, yani 'Urdi Yardımcı Teoremi, oluşur.



'Urdî'nin Dış Gezegen Modeli

Yukarıdaki şekilde 'Urdî, Ptolemaios'un deferentinin merkezi T ile ekuant D noktalarının tam arasında K merkezli yeni bir deferent tanımladı ve üzerine küçük bir episikl yerleştirdi. Bu episikl, yeni deferent ile aynı yönde ve aynı hızda hareket ediyordu. 'Urdî, 'Urdî Yardımcı Teoremi'ni uygulayarak küçük episiklin yarıçapının ucunu ekuanta bağlayan ZD çizgisinin, yeni deferentin merkezini küçük episiklin merkezine bağlayan KN çizgisine her zaman paralel olacağını gösterdi. Sonuç olarak Ptolemaios'un gözlemleri yine geçerli olacaktı.

Demek oluyor ki, İslam astronomlarının kendilerine problem edininip çözüme kavuşturdıkları Ptolemaios'un ekuantı, Güneş merkezli sistemi oluşturmasında Kopernik'i harekete geçiren önemli bir nedendi.²⁹⁸ Kopernik'in hiç hoşlanmadığı ekuant noktası, sisteminin üstünlüğünü savunurken güçlü argümanlar üretmesine olanak sağlamıştır. Bilim tarihçileri, Kopernik'in Güneş merkezli sistemi oluştururken uğraştığı ekuant sorununun, onu çözüme ulaştıran bir rol oynadığından bahsederler.²⁹⁹

Ptolemaios'un iç gezegenlerden Merkür için hazırladığı modelde, Merkür episikl üzerinde gökkürelerinin hareketinin tersi yönünde düzgün bir şekilde dolanır. Episikl ise ekuant noktasına göre düzgün bir şekilde hareket eder. Ancak episikl taşıyan eksantrik daire başkadır. Bu dairenin merkezi ise, başka bir nokta etrafında sabit yıldızlara göre dolanır. Böylece episikl dairesi, kendi merkezinden geçmeyen bir eksen çevresinde düzenli bir şekilde dolanır.

Kopernik, Merkür modelinde, iki eksantrik daire ve bir episikl dairesi kullanmıştır. Buna ek olarak, Merkür, dolanımı sırasında iki kez Dünya'ya en yakın konuma geldiği için, Merkür'ü, merkezi hareketli bir daire üzerinde bulunan bir taşıyıcı daire üzerindeki episikl dairesi üzerinde konumlandırmıştır.

Kopernik'in Güneş merkezli sistemi kurmasındaki en önemli nedenlerden biri olan Merkür modelini Ptolemaios'un modeli ile karşılaştırdığımızda, iki model arasındaki farkın, hem kozmolojik değişiklikten hem de geometrik-kinematik bir tasarım farkından kaynaklandığını görürüz.

²⁹⁸ Saliba, New York and London 1994, s. 85.

²⁹⁹ Anthony Millevolte, *The Copernican Revolution: Putting the Earth into Motion*, Tuscobia Press, August 2014, s. 100, 101.

Merkür modelindeki geometrik-kinematik tasarım farkının nedeni araştırıldığında, Kopernik'in Merkür modelinin İbn el-Şâtır'ın Merkür modelinin tamamen aynısı olduğu görülecektir. Kopernik ile İbn el-Şâtır'ın modeli arasındaki tek fark, Kopernik'in modelinin Güneş merkezli, İbn el-Şâtır'ın modelinin ise Dünya merkezli olmasıdır. Ancak, sınırsız bir evren fikrine sahip olan Kopernik'in gözüyle İbn el-Şâtır'ın Merkür modelini incelediğimizde, evrenin merkezinde Dünya'nın ya da Güneş'in olmasının, model açısından kesinlikle bir fark yaratmadığını görürüz.

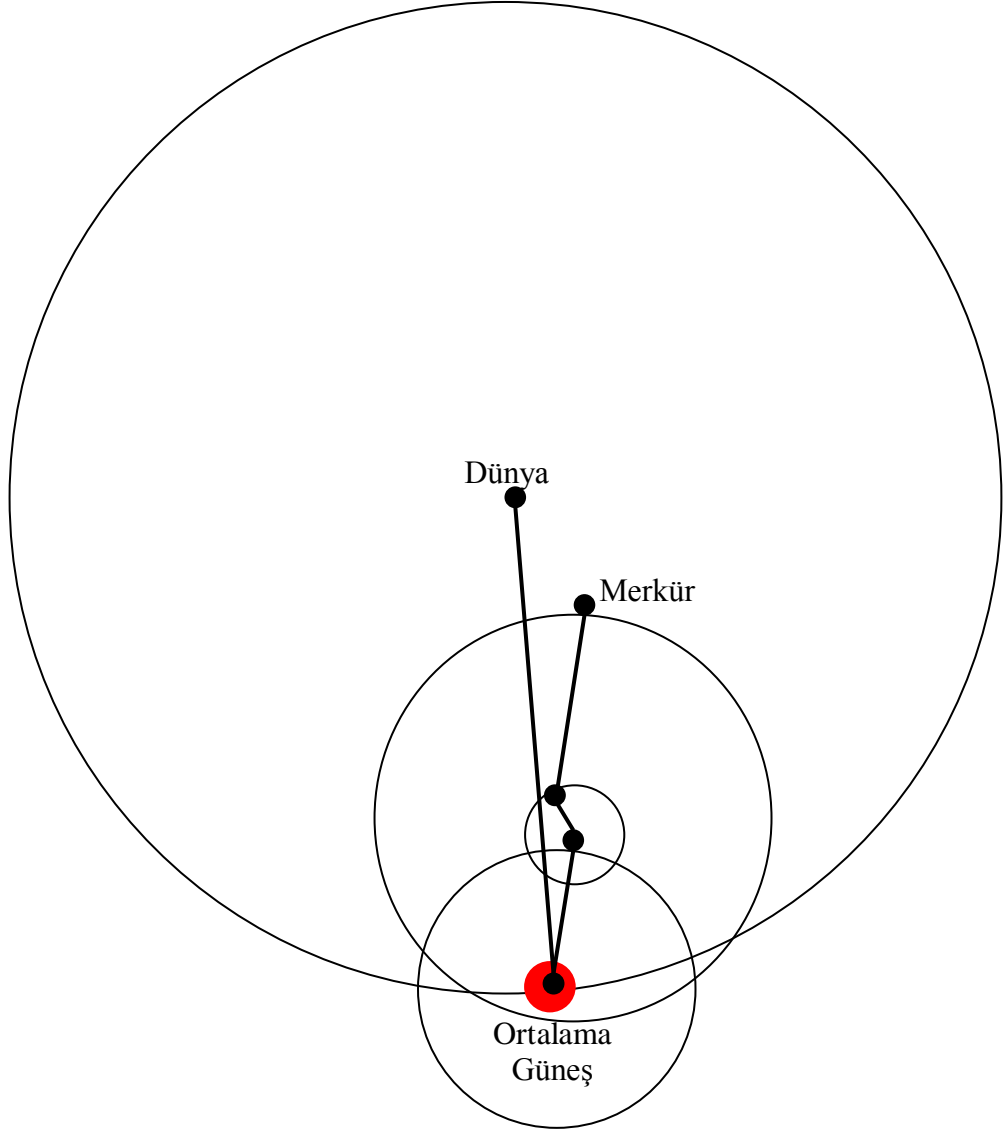
“ (...) Gerçekten de Dünya'nın büyüklüğüyle karşılaştırıldığında elimizde göklerin sonsuz olmasından başka hiçbir veri yoktur; bu enginliğin nereye kadar uzandığı neredeyse hiç belli değildir. (...)”³⁰⁰

“Kopernik ile İbn el-Şâtır'ın Merkür modellerini, yerküre merkezlikten güneş merkezliğe basit matematiksel geçiş hariç incelersek iki gökbilimcinin eserleri arasındaki benzerliklerin şaşırtıcı olduğunu görürüz. Burada Kopernik'in ve İbn el-Şâtır'ın oluşturdukları matematik modelinde Tûsî Çifte Bağı vardır. Böylece gezegenin dışçemberi, Ptolemaios tarafından gözlemlenen iki perijede (yerberi) Yerküreye yakınlaşıyor, apojede (yeröte) Yerküreden uzaklaşıyordu. Dış çember yaklaşıp uzaklaşırken ortaya çıkan bu salınım hareketinin saptanmasında kullanılan teknikteki aynılık, diğer konulardaki benzerlikler de göz önüne alınırsa bir gökbilimcinin diğerinden etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Ama iki gökbilimci arasındaki etkileşimi Merkür örneği özellikle ortaya koymaktadır ve bu kanıt, benzerlikler tartışmasını tümüyle yeni bir seviyeye çıkarmaktadır.”³⁰¹

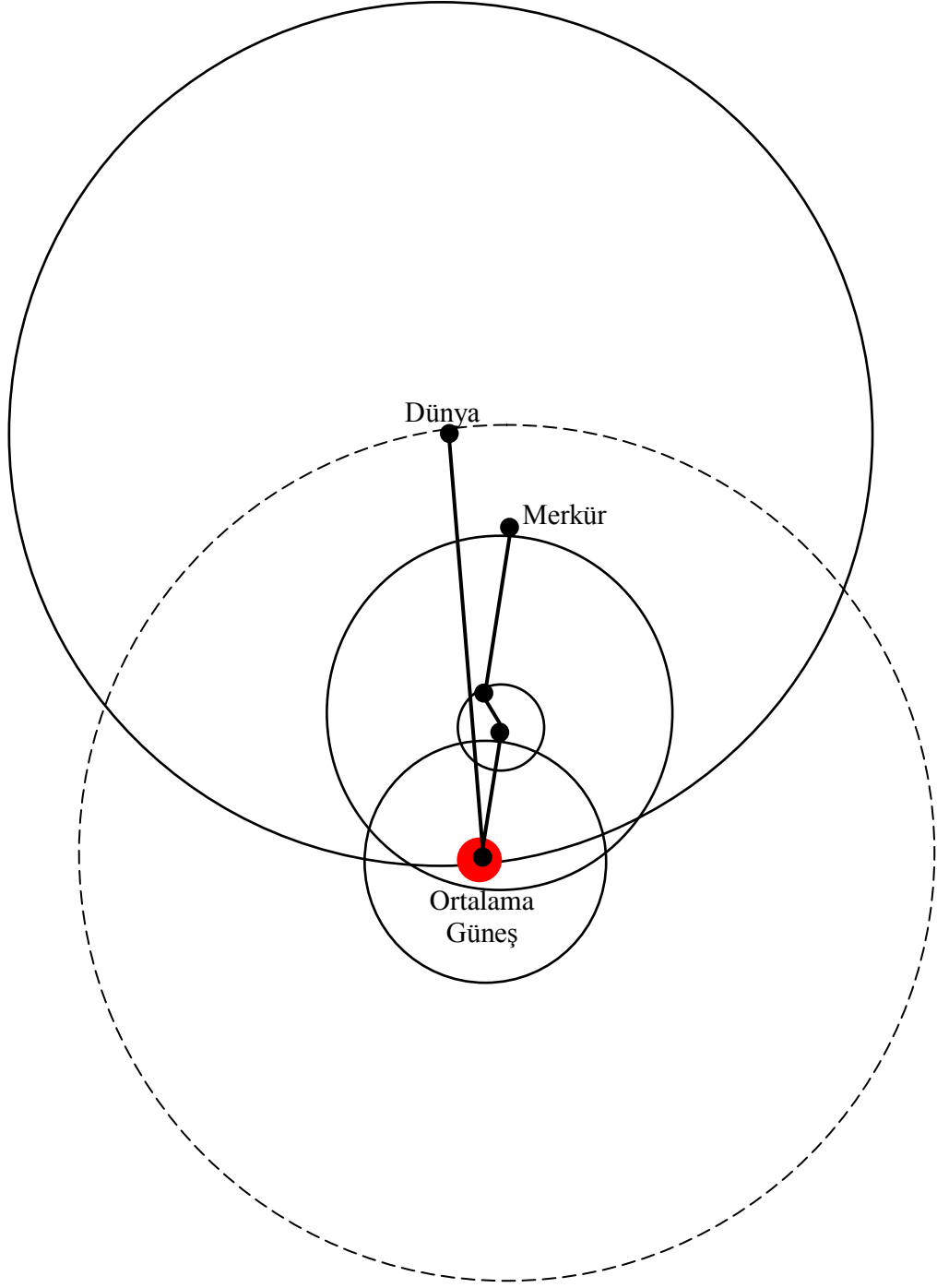
Buna göre aşağıdaki şekilde, Koperinik'in modelinde, AB, merkezi C ve çapı ACB olmak üzere Dünya'nın büyük yörünge dairesi olsun. ACB üzerinde, B ile C noktaları arasında D bir merkez olarak alınsın. Bu D merkezi üzerinde küçük EF

³⁰⁰ Copernicus, s. 33.

³⁰¹ Saliba, İstanbul 2008, s. 240.



İbn el-Şâtır'ın Merkür Modeli



Yukarıdaki şekilde, İbn el-Şâtır'ın Merkür Modeli'nde, Güneş'i merkeze alarak Dünya'nın üzerinde konumlandığı büyük yörünge dairesi kesik çizgilerle çizildiğinde, Kopernik'in Merkür Modeli'nin ortaya çıktığı görülür.

Tarih boyunca bilgi, hem maddî hem de manevî güvenliğin sağlandığı yerde varlığını devam ettirmiştir.³⁰² Bu nedenle Uluğ Bey'in ölümüyle Semerkand Medresesi ile Rasathanesi'nde üretilen bilgi, bu bilgiyi taşıyan âlimlerin bölgeden muhtelif coğrafyalara göç etmesiyle yayılmıştır. Bunun sonucunda İslam coğrafyasının, başta Osmanlı Devleti olmak üzere Hindistan ve Mısır gibi pek çok bölgesinde etkili olmuştur. Semerkand matematik-astronomi okulunun âlimleri ile ürünlerinin etkisi kalıcı ve uzun süreli olmuştur. Sadece İslam medeniyetinde değil, Batı Avrupa ile Hindistindeki gayri müslim felsefe-bilim çevrelerinde de iz bırakmıştır.³⁰³

Semerkand matematik-astronomi okulu Merâğa matematik-astronomi birikimi üzerinde kendisini konumlandırmış ve bu birikimi geliştirmiştir. Hem çerçeve hem de bu çerçeveyi taşıyan eserler büyük oranda Merâğa okuluna mensup isimler tarafından inşa edilmiştir. Semerkand matematik-astronomi okulunun bu ilmî zihniyeti, muhtevası ve eserleriyle birlikte Ali Kuşçu ve diğer okul mensubu isimler tarafından İstanbul'a aktarılmıştır. Dolayısıyla İstanbul, Semerkand ile Herat'ı, Ali Kuşçu eliyle birleştirerek kendisine temel almıştır.³⁰⁴

Böylece XVI. yüzyılda Semerkand-Merâğa temelinden yola çıkan Osmanlıların en büyük astronomu Takîyüddîn ibn Maruf'un (1521-1585), matematik ve astronomi başta olmak üzere birçok alanda araştırmaları vardır. Özellikle

³⁰² Ayrıntılı bilgi için bkz., Aydın Sayılı, *Uluğ Bey ve Semerkand'daki İlim Faaliyeti Hakkında Gıyâsüddîn-i Kâşî'nin Mektubu*, Ankara 1985., Aydın Sayılı, *The Observatory in Islam*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara 1988.

³⁰³ İhsan Fazlıoğlu'ndan naklen,
<http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/Semerkandmatematikastronomiokulu.pdf>
(21.10.2015).

³⁰⁴ İhsan Fazlıoğlu'ndan naklen,
<http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/Semerkandmatematikastronomiokulu.pdf>
(21.10.2015).

trigonometri alanındaki çalışmaları oldukça önemlidir. Çağdaşı olan Kopernik (Ptolemaios gibi kiriş hesabı yapmış), sinüs fonksiyonunu kullanmamış, sinüs, kosinüs, tanjant ve kotanjanttan söz etmemiştir. Takîyüddîn ise bunların tanımlarını vermiş, kanıtlamalarını yapmış ve cetvellerini hazırlamıştır.³⁰⁵

Takîyüddîn ondalık kesirleri, altmışlık kesirlerin aritmetiksel bir seçeneği olarak koymakla yetinmeyip, trigonometri ve astronomideki uygulamalarıyla da ilgilenmiştir. Böylece, disiplinler arası etkileşimi hızlandıracak aritmetiksel bir dil birliği kurma noktasına ulaşmıştır.³⁰⁶ Ondalık kesirlerin trigonometri ve astronomiye nasıl uygulanabileceğini kuramsal olarak gösterdikten sonra, 1580 yılında bitirmiş olduğu *Teshîlu Zîci el-A'sâriyyi el-Sâhinsâhiyye (Sultanın Onluk Yönteme Göre Düzenlenen Tablolarının Yorumu)* adlı katalogunda uygulamaya geçmiştir. Bu katalog, Rasathanesi'nde yaklaşık beş sene boyunca yapılmış gözlemlere göre düzenlenmiştir ve Dünya merkezli sistemin ilkelerine uygun olarak belirlenmiş gezegen konumlarını gösterir ondalık tablolara yer vermiştir.³⁰⁷

Takîyüddîn aynı zamanda bir teknisyendir. *Mekanik Saat Yapımı* adlı kitabı, Batı dünyası da dâhil olmak üzere, bu yüzyılda güneş saatleri ve mekanik saatler konusunda kaleme alınmış en kapsamlı kitaptır.³⁰⁸

³⁰⁵ Ayrıntılı bilgi bakınız, Remzi Demir, *Takîyüddîn'de Matematik ve Astronomi*, Ankara 2000., Demir, Unat, Ankara 2002, s. 231-255., Remzi Demir, "Takîyüddîn'in *Ceride el-Dürer Ve Haride El-Fiker* Adlı Yapıtında Bulunan Onluk Trigonometrik Cetveller (Düzenleniş ve Kullanılışı)", *Osmanlı*, Cilt 8, Ankara 1999, s. 399- 410.

³⁰⁶ Ayrıntılı bilgi bakınız, Demir, Ankara 2000., Demir ve Unat, Ankara 2002, s. 231-255., Demir, Ankara 1999, s. 399- 410.,

³⁰⁷ Yavuz Unat, *Tarih Boyunca Türklerde Gökbilim*, İstanbul 2008, s. 139-176., Uymaz, 2009, s. 10, 11, 12.

³⁰⁸ Unat, İstanbul 2008, s. 139-176., Uymaz, 2009, s. 10, 11, 12.

XVI. yüzyılda Takîyüddîn tarafından İstanbul'da kurulan rasathanenin Osmanlı Bilim Tarihi'nde önemli bir yeri vardır. Takîyüddîn 1571 yılında müneccimbaşı olunca rasathane kurma istediğini gerçekleştirmek için çalışmalarına başlamıştır.

Takîyüddîn'in amacı, eski zîcleri ve özellikle *Zic-i İlhâni*'yi yeniden tetkik ederek bir esaslı zîc meydana getirmektir. Çünkü eski zîclerde bazı hesaplar bazen bir ve hatta iki saat kadar Semerkand gözlemlerine göre farklı bulunabiliyor ve bunların sağlıklı sonuçlar elde etmek için düzeltilmesi gerekiyordu.³⁰⁹

Takîyüddîn, rasathanesini ilmî esaslar üzerine kurmuştur. Bu rasathane Batı'da mevcut olanlardan hiçbir şekilde geri değildir. Rasathane konusu işlenirken özellikle onun mesai arkadaşlarıyla birlikte çalıştıklarını gösteren meşhur minyatürde, raflarında dosyalar mahiyetinde birçok kutunun yer aldığı bir hücre görülmektedir ve bu özenle resmedilmiştir. Zîcler, cetveller ve bazı mühim eserler, el kitapları ve mecmualar da doğal olarak buraya konmuştur.³¹⁰

İstanbul Rasathanesi'nin inşası ve aletlerin yapımı 1577'de bitmiş ve çalışmalar aynı yıl başlamış olmalıdır. Rasathane'nin ömrü kısa sürmüş ve Ocak 1580'de yıkılmıştır. 1577 senesinin Kasım ayında, İstanbul semalarında ünlü 1577 kuyruklu yıldızı gözlemlenmesinin ardından İstanbul'da bir veba salgını baş göstermiştir. Veba salgınıyla birlikte rasathaneye karşı olumsuz bir tavır oluşmuş, sonuç olarak da rasathane yıktırılmıştır.³¹¹

³⁰⁹ Süheyl Ünver, *İstanbul Rasathanesi*, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara 1969, s. 35.

³¹⁰ Ünver, Ankara 1969, s. 35., Uymaz, 2009, s. 10, 11, 12.

³¹¹ Uymaz, 2009, s. 10, 11, 12.

Bu rasathanede XVI. yüzyılın en mükemmel gözlem araçları inşa edilmiştir. Sevim Tekeli tarafından yapılan araştırmalar bu rasathanede yapılan ve kullanılan gözlem araçları ile Tycho Brahe'nin (1546-1601) rasathanesindeki gözlem araçları arasında tam bir paralellik olduğunu göstermiştir.³¹²

İstanbul Rasathanesi'nde şu araçlar kullanılmıştır; Kadran, Turquetum, Zât-ül-Halâk, Halkat-üs-Üstüva, Solstitial Armil, Zât-ül-Evtar, Ekvatoriel Armil, Sekstant, Zât-üs-Su'beteyn.³¹³

İstanbul Rasathanesi'nde yapılmış olan gözlemler hakkında bilgilerimiz Takîyüddîn tarafından yazılmış olan üç zîce dayanmaktadır. Bunlar: *Sidret el-Müntehâ el-Efkâr fî Melekût el-Felek el-Devvâr*, *Teshîl Zîc el-Asâriyye el-Sehinsâhiyye*, *Cerîde el-Dürer ve Harîde el-Fiker*'dir. Bu zîclerden *Cerîde el-Dürer ve Harîde el-Fiker*, Remzi Demir'in *Takîyüddîn'de Matematik ve Astronomi* adlı eserinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.³¹⁴

Takiyüddin'in İslam ve Osmanlı astronomi tarihindeki en önemli başarısı İstanbul Rasadhanesi'ni kurması ve buradaki faaliyetleridir. Buna ek olarak ondalık kesirleri trigonometriye ve astronomiye uygulaması, buna uygun sinüs ve tanjant tabloları ile zicler hazırlaması onun astronomi ile matematiğe yaptığı en önemli katkılar arasında yer alır.

³¹² Ayrıntılı bilgi için bakınız, Sevim Tekeli, "Nasirüddin, Takiyüddin ve Tycho Brahe'nin Rasat Aletlerinin Mukayesesi", *Prof. Dr. Sevim Tekeli'ye Armağan*, Ankara 2004, s. 3-96.

³¹³ Tekeli, Ankara 2004, s. 3-96.

³¹⁴ Ayrıntılı bilgi bakınız, Demir, Ankara 2000.

SONUÇ

Kopernik'in ulaştığı teknik sonuçlar ile İslam astronomlarının iki ya da üç yüzyıl önce ulaştığı teknik sonuçlar arasında belirgin bir benzerlik olduğu aşikârdır. Kopernik de İslam öncülleri gibi aynı problemleri vurgulamış ve bu problemleri ele alıp çözüme ulaştırırken aynı matematiksel modelleri kullanmıştır. Tabii ki tek fark, Kopernik Güneş'i merkeze alırken, İslam astronomlarının Dünya'yı merkeze almalarıdır. Ancak Kopernik'i Güneş'i merkeze almaya iten sebep, İslam astronomlarından bağımsız değildir.

Örneğin,

- İbn el-Şâtır'ın Ay modeli, Kopernik'in Ay modeli ile birebir aynıdır. İkisi de Dünya merkezli bir daire çizmiş ve bu daire üzerine biri büyük ve diğeri küçük olmak üzere iki episikl dairesi yerleştirmiştir. Ay da ikinci episikl dairesinin üzerinde yer alır.

- Dış gezegenler için, Kopernik 'Urdî'nin ya da Şîrâzî'nin modelini ('Urdî'nin modelini Kutbeddîn el Şîrâzî de kullanmıştır.) kullanmıştır.

- Merkür için Kopernik, İbn el-Şâtır'ın modelini ve Tûsî'nin modelini kullanmıştır. Ancak Kopernik'in Müslüman astronomların modellerine nasıl ulaştığı bilinmemektedir.

- Kopernik'in Güneş merkezli sistemin kanıtlarını verirken kullandığı Regiomontanus tarafından ortaya atılan "gezegenlerin Güneş ile ilgisi" meselesinden Ali Kuşçu da bahsetmiştir.

•Ali Kuşçu, matematiksel modellerin fiziksel gerçekliği yakalayabilmesi için, astronominin Aristoteles fiziğine olan bağlılığından vazgeçmesi gerektiğini düşünmüş ve Dünya'nın dönmesinin mümkün olabileceğini söylemiştir.

Bu bilgiler dikkate alındığında İslam astronomi geleneğinin, Bilim tarihine matematiksel modellerin iyileştirilmesi yönünde oldukça önemli bir katkı yaptığını görürüz.

Ancak Güneş'i merkeze almaya iten sebep, yani dönüşümün sebebi, matematiksel modellerin sunduğu düşünsel imkânlar olsaydı, İslam astronomlarının Kopernik'ten önce Güneş merkezli sistemi kurmaları gerekirdi. Alternatif matematiksel modeller öneren İslam astronomi geleneği içinde yer alan Ali Kuşçu, Dünya'nın dönebileceğini tartışmış ve gezegenlerin Güneş ile olan ilgisine değinmiş olsa da Güneş merkezli sistemi Kopernik kurmuştur. Kopernik'in çağdaşı olan ve onunla aynı astronomik temellere sahip olan Takîyüddîn, ondalık kesirleri trigonometriye ve astronomiye uygulamış, buna uygun sinüs ve tanjant tabloları ile zîcler hazırlamış ve böylece astronomi ile matematiğe çok önemli katkılar yapmıştır. Buna rağmen Güneş merkezli sistemi kuran Kopernik olmuştur.

Tarihsel bütünlük içinde bakıldığında, Güneş'i merkeze alma hususunda zorlayıcı olmasa da, bunun gerekli olduğunun hissedilmesini sağlayacak bazı ön adımların İslam astronomları tarafından atıldığı anlaşılır. Öyle görülüyor ki İslam astronomları, Ptolemaiosçu paradigmanın teorik-kuramsal imkânlarının tüketilmesini ve Kuhn'un dediği gibi olağan dönemin sona erdirilmesini sağlamışlardır. Olağanüstü döneme geçiş için de gerekli olan temel kuşkuları üretmişlerdir.

Olağan dönemin son adımı ve olağanüstü dönemin ilk adım tedirginliğini Kopernik'in *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine* adlı eserinde duyumsamak mümkündür.

Peki, Kopernik'in bu dönüşümü gerçekleştirmek için son adımı atmasındaki temel etmen nedir? Diğer bir deyişle Güneş merkezli evren fikri nereden çıkmıştır?

Çocukluğunu Torun'da geçiren Kopernik, Aziz John Kilisesine ait bir cemaat okuluna gitmiştir. 1483 yılında babası öldüğünde, devlet adamı ve sonraları da piskopos olan dayısı Lucas Watzenrode'un (1447–1512) yanında eğitimine devam etmiştir. 1491 yılından 1495 yılına kadar Krakow'da çok eski bir Polonya Üniversitesi'nde eğitim gören Kopernik, Polonyalı astronom, matematikçi ve filozof Albert Brudzewski'den (1445–1495) çok etkilenmiştir. Kopernik'in ilk hocası olan ünlü Albert Brudzewski aynı zamanda Bernard Wapowski'nin (1450–1535) de hocasıydı. Yaşadığı sürece Kopernik ile arkadaşlığını sürdüren Wapowski, Krakow'da hümanizmin etkin bir şekilde savunuculuğunu yapan çok ünlü bir tarihçiydi. Wapowski, 16. yüzyılın başlarında halen Ptolemaios'un Dünya merkezli sistemini öğretmesine rağmen, oldukça açık görüşlü bir insan ve doğuştan öğretmendi. Öğrencilerinin ilgilerini nasıl uyandıracağını çok iyi bilirdi ve onları bağımsız düşünmeleri için desteklerdi.³¹⁵

Görülüyor ki, Kopernik'in Krakow Üniversitesi'ndeki çalışmaları ona astronomi ve matematik alanlarında mükemmel bir temel sağlamıştır. Kopernik,

³¹⁵ Ayrıntılı bilgi için bkz.: Arthur Beer (ed.), K. AA. Strand (ed.), "Copernicus", *Vistas in Astronomy Volume 17*, Pergamon Press, Oxford 1975., Stephen P. Mizwa, *Nicholas Copernicus*, The Kosciuszko Foundation, New York 1943., Tuba Uymaz, "Rahip, Devlet Adamı, Asker ve Bilim Adamı Kopernik", *Bilim ve Ütopya*, 2015, Sayı: 252, s. 11-17.

Krakow Üniversitesi'nde aldığı derslerin yanısıra, öğrenme arzusuyla yaptığı okumalar neticesinde bilgi birikimini büyük oranda geliştirmiştir. Burada geçirdiği yıllar Kopernik'in eleştirel düşünebilme becerisini kazanmasında da büyük rol oynamıştır.³¹⁶

Sonraki çalışmaları için İtalya'ya giden Kopernik, Bologna'da Georg von Peurbach'ın (1423–1461) öğrencisi Regiomontanus adıyla bilinen Johannes Müller von Königsberg'in (1436–1476) öğrencisi olan ve aykırı düşünceleriyle tanınan astronom Domenico Maria Novara (1454–1504) ile bağlantı kurarak dersler almış, daha sonraları ise onun asistanlığını yapmış ve en sonunda meslektaşı olmuştur. Novara'nın matematiksel ilkeği yüzünden Ptolemaios'un Dünya merkezli sistemini eleştirmesi Kopernik'in oldukça ilgisini çekmiştir.³¹⁷

Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine'de Platoncu ve Pythagorasçı görüşlerin etkileri söz konusudur. Buna göre evrenin temeli sayıdır. Evren, matematiksel, harmonik bir evrendir. Evren, bu sebeple basit olmalıdır. Dünya merkezli ve Güneş merkezli sistemlerden hangisi daha basit ve daha harmonik ise onun seçilmesi gerektiğini belirten Kopernik'e göre, Güneş merkezli sistem, daha basit ve daha harmoniktir ve bu nedenle de evrenin gerçek bünyesine daha uygundur. Bunun yanı sıra, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*'de Arsitarkosçu esinlenmeler de görülür. Bu esinlenmelerin de Kopernik'in dönüşümü gerçekleştirmek için attığı son adımda etkisi olabilir.³¹⁸

³¹⁶ Uymaz, 2015, s. 11-17.

³¹⁷ Ayrıntılı bilgi için bkz.: Beer (ed.), Strand (ed.), Oxford 1975., Bernard Cohen, *Revolution in Science*, Harward University Press, Massachusetts 1985., Mizwa, New York 1943., Uymaz, 2015, s. 11-17.

³¹⁸ Uymaz, 2015, s. 11-17.

Batı dünyasında tüm Ortaçağ boyunca Dünya'nın merkezde olduğu kabulü, John Buridan (1295–1358), Nicole Oresme (1323–1382), Nicolaus Cusanus (1401–1464) gibi bilim adamları ve düşünürler tarafından XIV. yüzyıldan itibaren tartışılmaya başlanmıştır ve mantıksal olarak Dünya'nın hareketli olabileceği fikrine ulaşmışlardır. Onlara göre, sabit yıldızlar küresinin hareketine göre Dünya'nın hareketi daha mantıklıdır. Ancak, üç bilim adamı da nihai sonuç olarak, Dünya'nın hareketsiz olduğu sonucuna varmışlar ve geleneksel düşünceden kopamamışlardır.³¹⁹ Doğu'da da buna benzer tartışmaların Ali Kuşçu tarafından yapıldığı görülmektedir.

Batıda, XV. yüzyıl astronomları genel olarak Ptolemaios'un Dünya merkezli sistemini daha anlaşılır bir hale getirmek için uğraşmışlardır. XV. yüzyılın en önemli astronomlarından biri olan Regiomontanus Viyana'da eğitim görürken Peurbach'ın öğrencisi olmuştur. Peurbach ölüm döşeginde iken, Kardinal Johannes Bessarion'un emriyle başlamış olduğu Ptolemaios'un *Syntaxis*'inin özetini tamamlaması için Regiomontanus'u görevlendirmiştir. Regiomontanus bu işi 1463 yılında bitirmiştir ve 1496 yılında *Epitome of the Almagest* adıyla bastırıldığı bu kitap Kopernik ve Galileo gibi astronomlar tarafından kullanılmıştır. Regiomontanus *Epitome of the Almagest*'te, Ptolemaios astronomisinde Güneş'e özel bir yer verildiği iddiasını ortaya atmasına rağmen, Dünya merkezli sistemin her detayını kabul etmiştir. Ancak *Epitome of the Almagest*'in önemi, Kopernik'in bu kitabı kullanmış

³¹⁹ Ayrıntılı bilgi için bkz.: Beer (ed.), Strand (ed.), Oxford 1975., Patrick Bruskiewich, *Nicholas Copernicus and his Heliocentric Model of the Universe*, Vancouver, BC, Canada 2013. Cohen, Massachusetts 1985., Marcus Hellyer (ed.), *The Scientific Revolution*, Oxford 2003., Stephen P. Mizwa, New York 1943., Uymaz, 2015, s. 11-17.

ve etkilenmiş olmasıdır.³²⁰ Yine benzer şekilde Doğu'da, gezegenlerin Güneş ile olan bu özel durumuna Ali Kuşçu'nun Regiomontanus'tan önce değindiği bilinmektedir.

Matematiksel modelleme algısının güçlendirilmesi ve matematik modeller fiziksel hakikat arasındaki irtibatın sağlamlaştırılması açısından İslam astronomlarının büyük bir adım attıkları aşikârdır. Ancak İslam astronomlarını başarısız kılan ve Kopernik'in attığı hayali adımı atmalarını engelleyen en temel sebep, rasathanelerinde yaptıkları gözlemlerin Güneş sisteminin gerçek doğası hakkında bir fikir vermekten uzak olmasıdır. Başka bir deyişle, yeryüzündeki imkânlarla gözlemledikleri sistemin kendisi değil, bu sistemi teşkil eden öğelerin (gezegen ve yıldızlar) ışıklarıdır. Gözlemin sunduğu imkânlar kısıtlı olduğundan Güneş'i merkeze almayı sağlayacak kesin bir gözlem yapılabilmesi imkânsızdır. Kopernik'in bu dönüşümü gerçekleştirmek için attığı son adım, gözlemsel değil hayali bir adımdır. Kopernik'in sahip olduğu rönesans ruhu ve hayal gücü sayesinde attığı bu son adımı destekleyen temel neden de, Güneş merkeze alınıp Dünya'ya hareket verildiğinde evreni açıklayan matematiksel modellerin daha basit ve daha harmoniktir olması ve bu nedenle de evrenin gerçek bünyesine daha uygun olmasıdır.

İnsanların evrene bakışını temelden değiştiren, tamamen yeni bir astronomi sistemini özenle ayrıntılarına kadar hazırlayan Kopernik ve onun büyük yapıtı *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine* sayesinde, insanlık binlerce yıldır devam eden

³²⁰ Ayrıntılı bilgi için bkz.: Beer (ed.), Strand (ed.), Oxford 1975., Bruskiwich, Vancouver, BC, Canada 2013., Cohen, Massachusetts 1985., Hellyer (ed.), Oxford 2003. Mizwa, New York 1943., Uymaz, 2015, s. 11-17.

bulmacanın çözüm yolunu bulmuştur. Ptolemaious'un Dünya merkezli sistemi yerine geçen, Kopernik'in cesareti ve olağanüstü hayal gücü ile kurduğu Güneş merkezli sistemi, insanlığa yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. İnsanı evrenin merkezindeki yerinden ederek, evreni yeniden yorumlamasını sağlamıştır. Evrenin ve gökyüzünün muhteşem bir yeni görünümünü insanlığa sunarak aslında Dünyanın da diğer gezegenler gibi alalade bir gezegen olduğunu göstermiştir. Dünyanın büyüklüğü ile karşılaştırıldığında göklerin uçsuz bucaksızlığı üzerine değinmiş ve bu sayede mesafe algısına bir ölçüt kazandırmıştır.³²¹

³²¹ Ayrıntılı bilgi için bkz.: Beer (ed.), Strand (ed.), Oxford 1975., Bruskievich, Vancouver, BC, Canada 2013., Cohen, Massachusetts 1985., Hellyer (ed.), Oxford 2003., Mizwa, New York 1943., Friedel Weinert, *Copernicus, Darwin & Freud: Revolutions in the History and Philosophy of Science*, Wiley-Blackwell, Oxford 2009., Uymaz, 2015, s. 11-17.

ÖZET

İslam astronomları Ptolemaios'un *Almagest*'inin çelişkilerle dolu olduğunu gösterdiler ve Ptolemaios'un gezegen modellerindeki fiziksel hatalara değindiler. Bunun sonucunda, İslam dünyasında XIII. yüzyılın başlangıcında Ptolemaios'un gezegen modellerine karşı alternatif modellerin tasarlandığı birçok çalışma yapıldı. İslam astronomları tarafından Ptolemaios astronomisinin problemleriyle başa çıkabilecek matematiksel modeller üretildi. Örneğin, Ptolemaios'un ekuantının kullanımına karşı çıktılar ve onun yerine Tûsî çifti ve 'Urdî yardımcı teoremi gibi matematiksel araçlar ürettiler.

Kopernik de İslam astronomları gibi, Ptolemaios'un gezegen modellerindeki aynı fiziksel hatalara değindi. O da Ptolemaios'un ekuantının kullanımına karşı çıktı. Kopernik'in kendi sistemini oluşturmak için kullandığı matematiksel modeller aslında İslam atronomları tarafından geliştirilmişti. Ancak Kopernik farklı bir sonuç buldu ve Güneş merkezli sistemi kurdu.

Bu tez, Kopernik'in Güneş merkezli sisteminin gelişiminde bu matematiksel modellerin rolünden bahseder. Tezin amacı, Kopernik ve İslam astronomları arasındaki bağlantının genel bir değerlendirmesini vermektir.

ABSTRACT

Islamic astronomers realized Ptolemaios' Almagest is full of contradictions and they addressed physical problems of Ptolemy's planetary models. As a result of this, a number of works that proposed alternatives to Ptolemy's planetary models, appeared beginning of the thirteenth century in Islamic World. A series of mathematical models were produced by them to deal with the problems of Ptolemaic astronomy. For example, Islamic astronomers objected to Ptolemy's use of equant and they developed mathematical tools such as Tûsî couple and 'Urdî lemma instead of equant.

Copernicus was stressed by the same physical problems of Ptolemy's planetary models as Islamic astronomers. And he objected to Ptolemy's use of equant too. Copernicus used a number of mathematical models to create his own system. And these mathematical models had originally been developed by Islamic astronomers. But he reached different conclusions and he established heliocentric system.

This thesis is an attempt to deal with the role of these mathematical models in the development of Copernicus' heliocentric cosmology. The purpose of this thesis is to give an overview of connections between Copernicus and Islamic astronomers.

KAYNAKLAR

Adivar, Abdülhak Adnan, “Ali Kuşçu”, *İslâm Ansiklopedisi*, Cilt 1, s. 321-323.

Adivar, Abdülhak Adnan, *Osmanlı Türklerinde İlim*, Dördüncü Baskı, İstanbul, Remzi Kitabevi, 1982.

Aydın, Cengiz, “Ali Kuşçu”, *T.D.V. İslâm Ansiklopedisi*, İstanbul, 1989, Cilt 2, s. 408-410.

Aydüz, Salim, “Üç Sultan Bir Bilim Adamı, Uluğ Bey-Uzun Hasan-Fatih Sultan Mehmed-Ali Kuşçu”, *Sanat Dünyamız*, İstanbul, 1999, Sayı: 73, s. 171-176.

Aydüz, Salim, “Uluğ Bey Zîci’nin Osmanlı Astronomi Çalışmalarındaki Yeri ve Önemi”, *Kutadgu Bilig*, 2003, Sayı 25, s. 139-170.

Benson, Donal C., *The Ballet of The Planets*, NewYork, Oxford University Press, 2012.

Beer, Arthur (ed.), Strand, K. AA. (ed.), “Copernicus”, *Vistas in Astronomy Volume 17*, Oxford, Pergamon Press, 1975.

Bruskiewich, Patrick, *Nicholas Copernicus and his Heliocentric Model of the Universe*, Vancouver, BC, Canada, 2013.

Cohen, Bernard, *Revolution in Science*, Massachusetts, Harward University Press, 1985.

Copernicus, Nicolaus, *Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*, Çev.: Cengiz Çevik, İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2010.

Cunbur, Müjgan, *Ali Kuşçu Bibliyografyası*, Ankara, 1974.

Daintith, John, William Gould, *Collins Dictionary of Astronomy*, Glasgow, Collins, 2006.

Drake, Stillman, *Copernicus*, Norwalk, Connecticut, Burndy Library, 1973.

Demir, Remzi, “Takîyüddîn’in *Cerîde el-Dürer Ve Harîde El-Fiker* Adlı Yapıtında Bulunan Onluk Trigonometrik Cetveller (Düzenleniş ve Kullanılışı)”, *Osmanlı*, Ankara, 1999, Cilt 8, s. 399- 410.

Demir, Remzi, Mutlu Kılıç, “*Târîh-i Hind-i Garbî*’de Hint Okyanusu, Kızıldeniz ve Süveyş Kanalı ile İlgili Düşünceler”, *Osmanlı*, Ankara, 1999, Cilt 8, s. 355- 371.

Demir, Remzi, *Takiyüddîn’de Matematik ve Astronomi*, Ankara, Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları, 2000.

Demir, Remzi, Yavuz Unat, “Ali Kuşçu ve *el-Muhammediyye, el-Fethiyye* ve *Risâle fî Hall Eskâl el-Mu’addil li’l-Mesîr* Adlı Eserlerinin Türk Bilim Tarihindeki Yeri”, *Düşünen Siyaset*, Ankara, 2002, Sayı 16, s. 231-255.

Demir, Remzi, *Philosophia Ottomanica*, Cilt 1, Ankara, Lotus Yayınevi, 2005.

Demir, Remzi, *Osmanlılarda Bilimsel Düşüncenin Yapısı*, Ankara, Epos Yayınları, 2014.

Dizer, Muammer, “İlk Rasathaneler ve Türklerde Rasathaneler”, *Bilim ve Teknik*, 1969, Cilt 2, Sayı 22, s. 23-25.

Dizer, Muammer, *Ali Kuşçu*, Ankara, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları: 913, 1988.

Dizer, Muammer, “Büyük Türk Düşünürü Ali Kuşçu'nun Astronomiye Katkısı”, *Bilim ve Teknik*, 1977, Cilt 10, Sayı 115, s. 13 -15.

Fazlıoğlu, İhsan, “Ali Kuşçu”, *Yaşamları ve Yapıtlarıyla Osmanlı Ansiklopedisi*, İstanbul, Yapı Kredi Yayınları, 1999, Cilt I, s. 216-219.

Freely, John, *Celestial Revolutionary*, New York, I.B. Tauris, 2014.

Freely, John, *Galileo'dan Önce, Ortaçağ Avrupası'nda Modern Bilimin Doğuşu*, Çev.: Muhtesim Güvenç, İstanbul, Kolektif, 2014.

Freely, John, *Işık Doğu'dan Yükselir, İslam Biliminin Batı Dünyasının Şekillenmesine Katkıları*, Çev.: Gül Çağalı Güven, İstanbul, Doğan Kitap, 2014.

Galilei, Galileo, *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyalog*, Çev.:Reşit Aşçıoğlu, İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2008.

Gingerich, Owen, *The Eye of Heaven*, New York, American Institute of Physics, 1993.

Gingerich, Owen, *The Book Nobody Read*, New York, Walker Publishing Company, 2004.

Gingerich, Owen, James MacLachlan, *Nicolaus Copernicus: Making the Earth a Planet*, New York, Oxford University Press, 2005.

Gingerich, Owen, *Kopernik'in Unutulmuş Kitabı*, Çev.: Emre Erbatur, İstanbul, GOA Yayınları, 2006.

Gingerich, Owen, *God's Planet*, Cambridge, Massachusetts, London, England Harvard University Press, 2014.

Hamm, Elizabeth Anne, *Ptolemy's Planetary Theory: An English Translation of Book One, Part A of the Planetary Hypothesis with Introduction and Commentary*, University of Toronto 2011, Yayımlanmamış Doktora Tezi.

Hellyer, Marcus (ed.), *The Scientific Revolution*, Oxford, 2003.

Huff, Toby, E., *An Age Of Science And Revolutions*, New York, Oxford University Press, 2005.

Huff, Toby E., *Intellectual Curiosity and the Scientific Revolution*, New York, Cambridge University Press, 2011.

Huff, Toby E., *On the Roads to Modernity*, USA, Lexington Books, 2012.

Huff, Toby E., *Modern Bilimin Doğuşu ve Yükselişi*, Çev.: İnan Kalaycıoğulları, Ertan Tağman, Aynur Yetmen, Ankara, Epos, 2010.

İhsanoğlu, Ekmeleddin, Ramazan Şeşen, Cevat İzgi, Cemil Akpınar, İhsan Fazlıoğlu, *Osmanlı Astronomi Literatürü Tarihi (History of Astronomy Literature During the Ottoman Period)*, Ed.: Ekmeleddin İhsanoğlu, İstanbul, 1997, 1. Cilt, 2. Cilt.

İhsanoğlu, Ekmeleddin, Ramazan Şeşen, Cevat İzgi, *Osmanlı Matematik Literatürü Tarihi (History of Mathematical Literature During the Ottoman Period)*, Ed.: Ekmeleddin İhsanoğlu, İstanbul, 1999, 2 Cilt.

İzgi, Cevat, *Osmanlı Medreselerinde İlim*, Cilt 1, İstanbul, İz Yayıncılık, 1997.

Jones, Alexander, *Ptolemy in Perspective*, New York, Springer, 2010.

Kankal, Ahmet, “Ali KuŐu”, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, Ankara, 1993, Cilt 36, Sayı 1-2, s. 103-118.

Kuhn, Thomas S., *Kopernik Devrimi, Batı Düşüncesinin Gelişiminde Gezegen Astronomisi*, Çev., Halil Turan, Dursun Bayrak, Sinan K. Çelik, Ankara, İmge Kitabevi, 2007.

Millevolte, Anthony, *The Copernican Revolution: Putting the Earth into Motion*, Tuscolbia Press, 2014.

Mizwa, Stephen P, *Nicholas Copernicus*, New York, The Kosciuszko Foundation, 1943.

Muirden, James, *Guide to Astronomy*, London, Pan Books, 1972.

Neugebauer, O., *The Exact Sciences In Antiquity*, Providence, Rhode Island, Brown University Press, 1957.

Parmaksızoğlu İsmet, *Türk Ansiklopedisi*, Ankara, 1980, Milli Eğitim Basımevi, Cilt 28, s. 481-483.

Pedersen, Olaf, *Early Physics and Astronomy*, Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

Ptolemaios, Claudius, *The Almagest*, Great Books Of The Westren World, XVI, İngilizceye Çev.: Catesby Taliferdo, Chicago, London, Toronto, 1952.

Ptolemaios, Claudius, *Almagest*, Çev.: Yavuz Unat, Tuba Uymaz, İstanbul, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 2015?.

Ragep, F. Jamil, “Freeing Astronomy from Philosopy. An Aspect of Islamic Influence on Science”, *Osiris*, 2001, XVI, s. 49-71.

Ragep, F. Jamil “Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks”, *Filozofski Vestnik*, 2004, volume XXV, number 2, s. 125- 142.

Ragep, F. Jamil, “Ali Qushji and Regiomontanus: Eccantric Transformations and Copernican Revolutions”, *Journal for the History of Astronomy*, Kasım 2005, volume 36, s. 359-371.

Ragep, F. Jamil, “Ali Kuşçu ve Regiomontanus: Dışmerkezli Dönüşümler ve Kopernik Devrimi”, *Osmanlı Bilim Araştırmaları*, Çev.: Yavuz Unat, İstanbul 2006, Cilt VIII, Sayı 1, s. 81-96.

Repcheck, Jack, *Copernicus’ Secret, How The Scientific Revolution Began*, New York, Simon and Schuster Paperbacks, 2007.

Roshdi, Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*, Volume 1, London and New York, Routledge, 1996.

Rosenfeld B, A., E. İhsanoğlu, *Mathematicians, Astronomers & Other Scholars of Islamic Civilisation and Their Works (7th- 19thc.)*, İstanbul, İrcica, 2003.

Saliba, George, “Al-Qushji’s Reform of the Ptolemaic Model for Mercury”, *Arabic Science and Philosophy*, 1993, Cilt 3, s. 161-203.

Saliba, George, *A History of Arabic Astronomy*, New York and London, New York University Press, 1994.

Saliba, George, *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*, Massachusetts, The MIT Press, 2007.

Saliba, George, *İslam Bilimi ve Avrupa Rönesans’ının Doğuşu*, Çev.: Günseli Aksoy, İstanbul, Butik Yayınlar, 2008.

Sarton, George, *On The History Of Science*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1962.

Sayılı, Aydın, *Uluğ Bey ve Semerkand’daki İlim Faaliyeti Hakkında Giyâsüddîn-i Kâşî’nin Mektubu*, Ankara, 1985.

Sayılı, Aydın *The Observatory in Islam*, Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1988.

Sayılı, Aydın, *Kopernik ve Anıtsal Yapıtı*, Ed. Remzi Demir, Ankara, Atatürk Kültür Merkezi Yayınları, 2012.

Sobel, Dava, *A More Perfect Heaven*, London, Bloomsbury Publishing, 2011.

Şerbetçi, Azmi, “Kutbeddîn-i Şîrâzî”, *İslâm Ansiklopedisi*, Ankara, 2002, Cilt 26, s. 487- 489.

Tekeli, Sevim, “Osmanlıların Astronomi Tarihindeki En Önemli Yüzyılı,” *Fatih'ten Günümüze Astronomi*, Prof. Dr. Nüzhet Gökdoğan Sempozyumu, İstanbul, 1994, s. 69-85.

Tekeli, Sevim, “Nasirüddin, Takiyüddin ve Tycho Brahe'nin Rasat Aletlerinin Mukayesesi”, *Prof. Dr. Sevim Tekeli'ye Armağan*, Ankara, 2004.

Uluğ Bey, *Uluğ Bey'in Astronomik Cetvelleri, Zîc-i Uluğ Bey*, Çev.: Atilla Bir, Mustafa Kaçar, Ankara, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, 2012.

Unat, Yavuz, *Ali Kuşçu'nun Risâle el-Fethiyye Adlı Eserinin Gök Küreleri Üzerine Olan Dördüncü ve Beşinci Makaleleri Üzerine Bir Çalışma*, Ankara, 1990, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Unat, Yavuz, “Ali Kuşçu ve *Fethiye*”, *Uluğ Bey ve Çevresi Uluslararası Sempozyumu Bildirileri*, Ankara, 1996, s. 322-329.

Unat, Yavuz, “Osmanlı Astronomisine Genel Bir Bakış”, *Osmanlı*, Ed.: Güler Eren, Ankara, 1999, Cilt 8, s. 411-420.

Unat, Yavuz, “Fatih Dönemi Astronomisine Genel Bir Bakış”, *Bilim ve Ütopya*, 2002, Sayı 96, s. 40-42.

Unat, Yavuz, “Ortaçağ İslam Dünyası'nda Astronomi Çalışmaları ve Batı'ya Etkileri”, *Bilim ve Ütopya*, İstanbul, 2003, Sayı: 106, s. 48-53.

Unat, Yavuz, *Tarih Boyunca Türklerde Gökbilim*, İstanbul, Kaynak Yayınları, 2008.

Unat, Yavuz, *Ali Kuşçu: Çağını Aşan Bilim İnsanı*, İstanbul, Kaynak Yayınları, 2009.

Unat, Yavuz, *İlkçağlardan Günümüze Astronomi Tarihi*, Ankara, Nobel Yayınları, 2013.

Uymaz, Tuba, *Seydî Ali Reis'in Hülâsa el-Hey'e (Astronominin Özeti) Adlı Eseri Üzerine Bir İnceleme*, Ankara, 2009, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Uymaz, Tuba, "Rahip, Devlet Adamı, Asker ve Bilim Adamı Kopernik", *Bilim ve Ütopya*, 2015, Sayı: 252, s. 11-17.

Ünver, Süheyl, *İstanbul Risaleleri 2*, Cilt 2, İstanbul, İBB Kültür A.Ş., 1995.

Ünver, Süheyl, *İstanbul Rasathanesi*, Ankara, Türk Tarih Kurumu Basımevi, 1969.

Weinert, Friedel, *Copernicus, Darwin & Freud: Revolutions in the History and Philosophy of Science*, Oxford, Wiley-Blackwell, 2009.

Wright, M. R., *Cosmology in Antiquity*, London and New York, Routledge, 1995.

Yıldız, Musa, *Bir Dilci Olarak Ali Kuşçu ve Risâle fî'l-İsti'âre'si*, Ankara, Kültür Bakanlığı Kültür Eserleri, 2002.

WEB ADRESLERİ

İhsan Fazlıoğlu'ndan naklen,

<http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/1.php?id=163> (20.10. 2015).

İhsan Fazlıoğlu'ndan naklen,

<http://www.ihsanfazlioglu.net/yayinlar/makaleler/Semer kandmatematikastronomiokulu.pdf> (21.10.2015).