

Ebû Ali el-Hasan el-Merrâküşî'nin Eserinde Zerkâliyye (Evrensel Disk) Yapım Kılavuzu

Atilla Bir*

Salihâ Bütün**

Mustafa Kaçar***

Âdem Akın****

Öz: On üçüncü yüzyılın büyük astronomlarından Ebû Ali el-Hasan el-Merrâküşî birçok astronomi aletinin yapım ve kullanım kılavuzunu barındıran *Câmi'ü'l-mebâdî ve'l-gâyât fi'ilmî'l-mikât* (*A'dan Z'ye Mikât İlmi Ansiklopedisi*) isimli eserin yazarıdır. Bu makalede, söz konusu eserde zerkâliyye adı verilen aletin yapımına ilişkin kılavuzu çevrilmiş, dayandığı çalışma prensibi incelenmiş ve günümüz okuyucusuna yönelik olarak matematiksel yorumu yapılmıştır. Genel hatlarıyla bütün düzlem usturlaplar, her bir enlem için ayrı ayrı oluşturulmuş diskler yardımıyla ölçüm yapabilmektedirler. Bu makalede ele aldığımız disk ise özellikle Endüslü astronom Zerkâli (ö. 493/1100) tarafından geliştirilmiş olup İslam astronomisine özgü olan, her enlemden ölçüm yapmayı mümkün kılan zerkâliyye ya da Batı'da bilinen adı ile *saḫīḫaya* ilişkindir. Enlemden bağımsız çalışabilmesi sebebiyle de günümüzde *evrensel usturlap* olarak nitelendirilmiştir. Merrâküşî'nin kendi çağında zerkâliyye adı verilen bu evrensel diski ele almış olması, bir bakıma İslam bilim havzaları arasında bilginin aktarımı ve dolaşımının anlaşılması hususunda somut bir örnektir ve bu yönüyle de makalemizde değerlendirilmiştir. Makalede Merrâküşî'nin eserinin konusu ve önemi, evrensel usturlabın izdüşüm prensibi modern gösterimleri ve matematiksel açıklamaları ele alınmıştır. Ayrıca aletin çizimi için gerekli formüller oluşturulmuş ve Fransa Milli Kütüphanesi (Or. No.2507-2508) kayıtlı Paris nüshası kullanılarak aletin bu ilişkilere dayalı çizimi yapılmıştır. Alet üzerinde yer alan yıldız ve *koçça* ay isimleri de türetilen tablolar halinde sunulmuştur. Son olarak farklı nüshalar karşılaştırılarak metin çevirisine ve yorumuna yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Merrâküşî, Zerkâli, zerkâliyye, usturlap, mikât, saḫīḫa, evrensel disk, astronomi aletleri.

Abstract: This study provides an examination of mathematical background and annotated translation of a comprehensive and substantial treatise on construction and operating manual of many astronomical instruments *Câmi' al-mabâdî wa-l-ghâyât fi'ilm al-miqât* (*From A to Z Encyclopaedia of Miqât*) authored by al-Marrākushi, one of the great astronomers of the 13th century. The standard astrolabe provides astronomical computations by means of particular plates for latitudes in which it is to be used. However, *saḫīḫa* or *zarqāliyya*, peculiar to Islamic astronomy, developed by the Andalusian astronomer Zarqāllūh (d. 1100) and offers the possibility featured to solve the problems of spherical astronomy for any latitude. This astrolabe is considered universal as it is independent of latitude. In this context, considering al-Marrākushi has a knowledge of zarqāliyya and wrote a treatise consisting the use of this instrument, this is a great example of transfer of knowledge produced in the west of Islamic civilization to the east of Islamic civilization. The first chapter draws a portrait of the monumental work of al-Marrākushi, analyses and describes the mathematical principles of stereographic projection of universal astrolabe. Next chapter focuses on the derivation of formulation necessary to draw this astrolabe, and gives a sample drawing. In addition, stars and Coptic months which engraved on the instruments are tabulated. The study concludes with the annotated translation, comparison and examination of several existing manuscripts copies.

Keywords: al-Marrākushi, Al-Zarqāllūh, Zarqāliyya, saḫīḫa, Universal disk, Astronomical instruments.

* Prof. Dr., Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Bilim Tarihi Anabilim Dalı (İletişim: atilabir@gmail.com).

** Doktora öğrencisi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Bilim Tarihi Anabilim Dalı (İletişim: salihabaduk.iu@gmail.com).

*** Prof. Dr., Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Bilim Tarihi Anabilim Dalı. İletişim: mkacar@gmail.com

**** Dr. Öğretim üyesi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Bilim Tarihi Anabilim Dalı (İletişim: aakin@gmail.com).

Giriş

İslam astronomları konum ve zaman hesaplama sorunlarına çözüm üretmek amacıyla çeşitli aletler tasarlamışlardır. Bunlar arasında yaptıkları dönemin matematiksel donanımını günümüze en iyi taşıyan objelerden biri olan ve İslam astronomisiyle özdeşleşen usturlaplardır. Usturlaplar bize dönemin *science-craft* inceliği ve ilgilenilen astronomi konularının derinliği hakkında bilgi vermektedir.

İslam bilim tarihçisi Julia Samsó (1991) Endülüs tarzı astronomi aletlerini¹ teorik astronomi alanındaki yüksek bilginin özgün ve gelişmiş bir göstergesi olarak kabul eder. *Evrensel disk*, *evrensel usturlap diski* ya da *evrensel usturlap* gibi sınıflamalara ayrılabilen ve Batı'da *saphea Azarchelis* veya kısaca *saphea* (*es-safîha*) olarak bilinen alet de bunlardan biridir. Usturlabın özel bir türü olan her enlemde ölçüm yapmayı mümkün kılan *evrensel disk* ve buradan ilham alındığı düşünülerek akabinde geliştirilen evrensel usturlapların ilk örneklerinden birinin on birinci yüzyılda Endülüslü astronom Ebû İshak İbrahim b. Yahya en-Nakkâş et-Tüçîbî ez-Zerkâlî² (ö. 493/1100) tarafından ortaya konduğu bilinmektedir. Kendi icadı olan bu diski *zerkâliyye* diye adlandıran Zerkâlî, *zerkâliyye* ve biraz daha sadeleştirilmiş bir modeli olan *şekkâziyye* diye iki farklı evrensel disk imal etmiştir. Önce Endülüs'te kullanılmış olan bu alet, Zerkâlî'nin eserlerinin İbn Tibbon³ (ö. 1305) tarafından 1263'te çevrilmesine kadar Latin Hristiyan dünyasında anlaşılammış ve yaygınlaşmamıştır.⁴

İslam coğrafyasının doğusunda hemen hemen hiç karşılık görmeyen bu alet, Endülüs ve Mağrip bölgelerine özgü olarak görülmüştür. On üçüncü yüzyılda Kahire'de faaliyet gösteren döneminin önemli astronomlarından Ebû Ali el-Hasan el-Merrâküşî (ö. 680/1281'den sonra) de Zerkâlî'nin bu icadından haberdar olduğu anlaşılıyor.

Yazmış olduğu ve İslam bilim havzalarında yüzyıllar boyunca astronomi aletleri konusunda başvuru kaynağı olarak kullanılan, en kapsamlı ve en başarılı ansiklopedik çalışma, *Câmi'u'l-mebâdi ve'l-gâyât fî ilmi'l-mikât* (*A'dan Z'ye Mikât İlmi Ansiklopedisi*) adlı eserdir. *Zerkâliyyenin* yapımına üçüncü kısımda, kullanım kılavuzuna ise dördüncü kısımda yer vermiştir.⁵

1 Julio Samsó, *Islamic Astronomy and Medieval Spain* (Londra: Variorum, 1994), 9.

2 Roser Puig, "al-Zarqâlî", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey (New York: Springer, 2007), 1258-1260.

3 Raymond Mercier, "Jacob ben Makhr ibn Tibbon", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey (New York: Springer, 2007), 538.

4 John D. North, *Cosmos: An Illustrated History of Astronomy and Cosmology* (Chicago: University of Chicago, 2008), 221.

5 Merrâküşî, eserinin giriş kısmında kendine ulaşan astronomi aletlerine ilişkin bilgileri bir araya topladığını, bunlara eklemeler, düzeltmeler yaptığını ve kendi icadı olan bazı aletlere de yer verdiğini ifade

Bu makalemizde sadece *zerkâliyyenin* yapım kılavuzu ele alınmış olup kullanımına ilişkin kısmı ise başka bir makalemizde incelenecektir. Metin Arapça aslından çevrilmiş ve metinde yer alan hesaplamalar, günümüz matematik yazını göz önünde bulundurularak yorumlanmaya çalışılmıştır.

I. Hayatı ve Eseri

On üçüncü yüzyılda Kahire'de yaşayan dönemin önemli astronomlarından Şerefeddin Ebû Ali el-Hasan b. Ali b. Ömer el-Merrâküşî,⁶ lakabından da anlaşıldığı üzere Merakeşli olmalıdır.⁷ Biyografi ve bibliyografya kitaplarında adına rastlanmadığından hayatı hakkındaki bilgiler, yaklaşık 1276-1282 yılları arasında Mısır'da kaleme aldığı düşünülen *Câmi'u'l-mebâdi ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât* adlı eserindeki bilgilerden ve Necmeddin Ebû Abdullah el-Mısırî'nin (XIV. yüzyıl) şahsıyla ilgili aktarmalarından ibarettir. Mısırî'nin yazdıklarından Merrâküşî'nin muhtemelen 1281 ila 1320 yılları arasında Kahire'de bulunduğunu söyleyebiliriz.⁸

Merrâküşî'nin Kahire'de bulunduğunu kabul ettiğimiz dönem (Memlükler dönemi), muvakkitlik müessesesinin kurulduğu zamana denk gelmektedir. Memlük Sultanı I. Kalavun zamanında, Mısır toplumunun cami yönetimi, müezzinler ve muvakkitler, alet yapımcıları ve bu konularla ilgili talebeler ve sair hususi bir zümrenin taleplerini yerine getirmek amacıyla ortaya çıktığı düşünülmektedir. Camilerde muvakkitlerin istihdam edildiği, muvakkitlik mesleğinin oluştuğu ve *ilm-i mikâtın* zaman hesaplamasının ötesinde buna dair tüm problemleri ele alan bir astronomi dalı haline gelmeye başladığı bu dönemde Merrâküşî'nin eseri, bu mesleğin ve geleneğin temellerinin sağlamlaştırılmasına imkân sağlamış, temel başvuru kaynağı olmuştur.⁹

Eserin giriş kısmında müellif, eseri alet yapımcılarının eğitiminin ve kullandıkları yöntemlerin yetersizliği nedeniyle yazdığını ifade etse de içeriğine bakıldığında hitap ettiği kitlenin, açıkça uzman muvakkitler ve zaman hesaplamalarında görevli yardımcıları olduğu izlenimini vermektedir. Zira kitap, anlaşılabilirlik açısından yüksek

etmektedir. François Charette, *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria: The Illustrated Treatise of Najm al-Din al-Misri* (Boston: Brill, 2003), 739.

6 Heinrich Suter, *Die Mathematiker und Astronomen Der Araber und Ihre Werke* (Amsterdam: Oriental Press, 1981), 144.

7 David A. King, "The Astronomy of the Mamluks", *Isis* 74, no 4 (1983): 539.

8 F. Charette, "Marrakushi: Sharaf al-Din Abû 'Ali al-Hasan ibn 'Ali ibn 'Umar al-Marrakushi", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey (New York: Springer, 2007), 739-740.

9 Taha Yasin Arslan, "Merrâküşî", *İslam Düşünce Atlası*, ed. İbrahim Halil Üçer (Konya: Büyükşehir Belediyesi Kültür A.Ş., 2017), 773.

bir teknik bilgi gerektirmekte, öyle ki okuyucunun yeterli derecede aritmetik, geometri, küresel trigonometri ve cebir bilgisine sahip olmasını zorunlu kılmaktadır.¹⁰

Memlük astronomisi üzerinde geniş kapsamlı araştırmaları bulunan David A. King, Merrâküşî'nin bu eserini, öncesini ve yaşadığı dönemi de içine alarak İslam medeniyetinde alet yapımı hakkında yazılmış en kapsamlı iki eserden biri ve en başarılısı olarak değerlendirir.¹¹ Devamında birçok astronomi cetvelini, küresel trigonometri incelemesini ve farklı aletlerin kullanımı hakkındaki risaleleri barındıran bu eserin, İslam astronomisinde bir benzerinin daha olmadığını vurgular.¹²

Merrâküşî, eserde yer alan coğrafi konumlar cetvelinde, 135 konumun 44'ünü özel olarak kırmızı mürekkeple kaydetmiştir. Bunlar bugünkü Batı Sahra'nın Atlantik kıyısında başlayıp, Endülüs'ün Sevilla ve Cádiz şehirleri, ardından da Kuzey Afrika Akdeniz sahili boyunca Cezayir, Tunus ve Trablusgarp ile devam ederek İskenderiye, Minye ve Kahire'ye kadar uzanan bir alanı kapsamaktadır. Kırmızı mürekkep kullanımı, bu konumları şahsen ziyaret ettiği ve matematiksel hesaplamalarında yer alan coğrafi enlemlerin bir kısmını kendi yaptığı gözlemler yoluyla elde ettiği şeklinde yorumlanabilir.¹³

Merrâküşî'nin iki cilt ve dört kitaptan (bölümden) oluşan tek bir eseri bilinmemektedir. Kitabın bölümleri şunlardır: Birinci kitap, hesaplamalar hakkındadır ve 87 bölümden oluşmaktadır.¹⁴ Bu kitapta kanıtlamadan kronoloji, trigonometri, coğrafya, küresel astronomi, namaz vakitleri, güneş hareketleri, sabit yıldızlar, güneş saatleri ile ilgili ayrıntılı hesaplama yöntemlerini ele almaktadır. Alet yapımı hakkındaki ikinci kitap ise 7 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm küresel astronomi ve güneş saatlerindeki grafiksel yöntemleri; ikinci bölümden yedinci bölümün sonuna kadar ise taşınabilir kadransları, sabit güneş saatlerini, trigonometrik kadransları, küresel aletleri ve izdüşüm temelli gözlem aletlerinin yapımını kapsamaktadır.¹⁵ Burada hemen hemen her alet için çizim kullanmış olması do-

10 Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât*, Topkapı Sarayı Kütüphanesi, III. Ahmet 3343, vr. 2a-2b.

11 David A. King, *In Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization II: Instruments of Mass Calculation* (Leiden: Brill, 2005), 13.

12 King, "The Astronomy of the Mamluks", 539.

13 Charette, *Mathematical Instrumentation*, 10.

14 Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi*, vr. 2b. "Bu kitabı *Câmi'u'l-mebâdi ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât* olarak isimlendirdim. Birinci Kısım (hesaplar) 87 bölümden oluşuyor..." ifadesini kullanmıştır. Buradan ilk kitabın Charette'in söylediği gibi 67 değil, 87 bölümden oluştuğu anlaşılıyor.

15 Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi*, vr. 2b.

layısıyla İslam astronomi yazımında az karşılaşılan bir eser türüne örnek teşkil ettiği söylenebilir.¹⁶

Üçüncü kitapta 14 bölüm bulunur ve bazı aletlerin yapımını ve kullanımını konu edinir. Merrâküşî burada bilinen bütün aletleri ele almamış, kendi döneminde kullanılmaya başlanan birkaç *er-rub'u'l-mukantarât* türündeki aleti ise göz ardı etmiştir.¹⁷ Didaktik bir yöntemle ele alınan son kitap, dört bölümdür. Okuyanın önceki bölümlerde edindiği bilgiyi kullanmasını bekler. Döneminin âlimlerinin önemle üzerinde durdukları bir husus olan talebelerin zihni kabiliyetini geliştirmeye yönelik olarak çabaları burada da gözlemlenmektedir. Kitabın 101 adet soru-cevaptan oluşan bu kısmı, ilki, hesaplama gerektirmeyen 21 adet; ikinci bölüm zihinsel hesaplamalar (*hisâb-ı meftûh*) içeren 40 adet; üçüncü bölüm, geometrik yöntemlerin kullanımını gerektiren 18 adet; dördüncü bölüm ise cebirsel işlemler gerektiren 22 adet soru-cevaptan oluşmaktadır.¹⁸

İncelemelerimize dayanarak Merrâküşî'nin bu eserinin, Memlûkler yönetimindeki Mısır ve Suriye'den (1250-1517), Resûlî dönemi Yemen'ine (1229-1454) ve akabinde Osmanlı Türkiye'sine uzanan geniş bir coğrafya ve uzun bir dönemde uzmanların başvuru kaynağı olarak kullanıldığını söyleyebiliriz. Benzerlerinin yazılması yerine istinsah edilerek uzun süre kullanılması da eserin astronomi aletleri alanında yetkin bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Buna paralel olarak da kırka yakın nüshası günümüze ulaşmıştır.¹⁹ Bilinen en eski kopyası Topkapı Sarayı Kütüphanesi'nde (III. Ahmet 3343) kayıtlı nüshadır. Çalışmamızda bu nüsha başta olmak üzere Britanya Kütüphanesi (Or.5831), Oxford Üniversitesi (Bodleian Kütüphanesi, Or. Huntington Koleksiyonu 201), Süleymaniye Kütüphanesi, (Hamidiye 838 ve Nuruosmaniye 2901 ve 2902) nüshalarına da başvurulmuştur. Fransa Milli Kütüphanesi (Or.2507-2508) nüshası diğerlerinden daha önce edinilmiş olup, daha okunaklı ve şekil çizimlerinin tam olması nedeniyle çalışmada tercüme ve çizim için kullanılan esas nüsha olmuştur.²⁰ Nüsha incelemelerinde iki önemli kişinin izlerine

16 Arslan, "Merrâküşî", 774; King, Merrâküşî'nin alet yapımını ele aldığı bu bölümde, Endülüslü, Mağripli ve Iraklı seleflerini kaynak olarak kullandığını; fakat Mısırlı seleflerine ise yer vermediğini belirtmektedir: King, "The Astronomy of the Mamluks", 534.

17 Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi*, vr. 2b; King, "The Astronomy of the Mamluks", 534.

18 Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi*, vr. 2b; Charette, *Mathematical Instrumentation*, 12-13.

19 Nüsha bilgileri derlenirken iki kaynak esas alınmıştır; Islamic Scientific Manuscripts Initiative (ISMI), <https://ismi.mpiwg-berlin.mpg.de/person/45772> (13.02.2020); Boris A. Rosenfeld ve Ekmeleddin İhsanoğlu, *Mathematicians, Astronomers & other Scholars of Islamic Civilisation and their Works (7th-19th c.)* (İstanbul: IRCICA, 2003).

20 Nüshalarda yer alan alet çizimlerinin karşılaştırmaları için bkz. Saliha Bütün, "İslam Astronomisinde Kullanılan Zerkâliyye Adlı Aletin Yeri ve Önemi (Merrâküşî Örneği)" (Yüksek lisans tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, 2019), 76-84 ve 89-94.

rastlanmıştır. Bunlardan ilki Fransa Milli Kütüphanesi (Or.2507-2508) nüshasının kapağında yer alan klasik İslam astronomisinin son temsilcisi kabul edilen büyük Osmanlı âlimi Takıyyüddin er-Râsîd'a (ö. 993/1585) ait olan imzadır. İkinci ise Süleymaniye Kütüphanesi, Hamidiye 838'de yer alan "Bu esere sahip Mehmet Said Müftizâde, Cemâziyelevvel 1156" notudur. Miladi Haziran 1743 senesine tekabül eden bu not, önemli bir Osmanlı mühendisi ve geometricisi ve *müselleşiye* olarak bilinen aletin de mucidi olan Mehmet Said Efendi²¹ (XVIII. Yüzyıl) tarafından da eserin bilindiğini göstermektedir. Bu imza ve notlar, eserin geç dönemlerde de kullanılmaya devam ettiğine dair önemli bilgiler sunmaktadır.²²

Eserin tıpkıbasımı ise Fuat Sezgin tarafından Topkapı Sarayı Kütüphanesi, III. Ahmet 3343 nolu nüsha kullanılarak Frankfurt'taki Arap-İslam Bilimleri Tarihi Enstitüsü'nde (Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften) iki cilt olarak yayımlanmıştır.²³ Fransız oryantalistlerden Jean-Jacques Sédillot (1777-1832) ve oğlu Louis-Amélie Sédillot (1808-1875), eserin bir kısmını 1834'te *Traité des instruments astronomiques des Arabes* adıyla Fransızcaya çevirmiş ve iki cilt halinde yayımlamıştır. Küresel astronomiyle ilgili ilk kitabın tamamı ve ikinci kitabın bir kısmı Jean-Jacques Sédillot'un kendisi tarafından yayımlanmıştır; ölümü üzerine ikinci kitabın kalan kısmı oğlu Louis-Amélie Sédillot (1808-1875) tarafından yetersiz görülen bir çeviriyle özetlenmiştir.²⁴ Ayrıca Louis-Amélie Sédillot, eserle ilgili olarak 1841 yılında *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes* adıyla ayrı bir çalışma daha yayımlamıştır. Üçüncü ve dördüncü kitaplar ise çevrilmemiş ve üzerine hiçbir çalışma yapılmamıştır. Sédillot'ların gerçekleştirdiği bu çalışmalar, bir Avrupa diline çevrilen, İslam medeniyetine ait ilk astronomi metni olmasından ve bilim tarihçilerinin dikkatini İslam coğrafyasındaki ilmi birikime çekmesinden dolayı büyük öneme sahiptir.²⁵

II. Zerkâlî'nin Evrensel Diski (*Safîha*)

Zerkâlî,²⁶ kuramsal astronomi ve astronomi aletleri alanında çalışmış bir bilimci. Adının Ortaçağ Latincesinde *mavi gözlü* anlamına gelen *zerkâ* kelimesinden ya da

21 Atilla Bir ve Mustafa Kaçar, "Ottoman Engineer Mehmed Said Efendi and His Treatise on Vertical Sundial", *Multicultural Science in the Ottoman Empire*, ed. Emmanuel Poulle ve Robert Halleux (Turnhout: Brepols Publishers, 2003), 91.

22 Bütün, "İslam Astronomisinde Kullanılan Zerkâlîyye Adlı Alet", 110 ve 112.

23 Charette, "al-Marrâkushi", 740, Ömer Mahir Alper, "Merrâküşî, Hasan b. Ali", *DİA*, XXIX, 209.

24 King, "The Astronomy of the Mamluks", 539.

25 Arslan. "Merrâküşî", 774.

26 Puig, "al-Zarqâlî", 1258-1260.

Latince *Arzachel*, İspanyolcada *Azarquiel*, Fransızcada *Azarachel*, İngilizcede ise *Arzachel* veya *Arsechieles* olan *nakkaş* kelimesinden türetildiği düşünülür. Sanatkâr bir aileden gelen Zerkâli'nin hayatı hakkında bilgi çok azdır. Riyâzî ilimlere küçük yaşlardan itibaren ilgi duymuş ve astronomiyi kendi kendine öğrenmiştir. El sanatlarındaki mahareti ve imal ettiği astronomi gözlem ve hesap aletlerinin hassasiyetiyle tanınır. Bu özellikleri ile Toledo kadısı, matematik ve tarih bilgini Sâid el-Endelüsî'nin (ö. 462/1070) takdirini kazanmıştır.²⁷ Sâid el-Endelüsî, Toledo'da kadılığı süresince yetenekli ve başarılı gençleri himaye ederek onların ilmî faaliyetlerini desteklemiştir. Bu gençler arasında en tanınanı Zerkâli olmuştur.²⁸ Sâid el-Endelüsî, Toledo'da bizzat başkanlık ettiği bir astronomi gözlem heyeti oluşturmuş, Zerkâli önce alet yapımıcısı sıfatıyla bu heyete katılmış, sonra rasat faaliyetlerinde bulunmuş, daha sonrasında bu gözlemevinin başına getirilmiştir.

Zerkâli'nin 25 yıl Güneş, 37 yıl Ay gözlemi yaptığı bilinir. Bu rasat faaliyeti Zerkâli'nin kuramsal astronomi çalışmalarına da katkı sağlamış ve bu alanda ürettiği kuramlara zemin hazırlamıştır. Richter'a göre Zerkâli'nin astronomideki başarısı ve bu gözlemevinde yaptığı rasat çalışmaları Toledo'da astronomiyeye olan ilgiyi artırmıştır.²⁹ Zerkâli, Toledo'daki siyasi karmaşa nedeniyle 1080 yılında Kurtuba'ya gitmiş ve 1081-1085 yılları arasında son Abbâdî emiri İbn Abbâd el-Mu'temid-Alellah'ın (slt. 1069-1091) himayesi altında kalmış hatta bazı eserlerini de Mu'temid'e ithaf etmiştir.

Zerkâli'nin eserleri, kuramsal astronomi, *zîcler* (astronomi cetvelleri), astronomi aletleri ve astroloji olmak üzere dört başlık altında toplanabilir.³⁰ Zerkâli'nin astronomi aletlerine ilişkin dört eseri vardır. *Evrensel disk (es-safîha)* en tanınanıdır. Adına ithafen *zerkâliyye* adıyla bilinen bu tasarımının kullanımına dair 100 maddelik bir kullanım kılavuzu kaleme almış, sonra aleti sadeleştirerek, *şekkâziyye* denilen daha basit ikinci bir alet tasarlamış ve kullanımına dair 60 maddelik bir de risale telif etmiştir. İlk tasarımla yetinmeyerek aleti geliştirip farklı modeller ortaya koyması, onun araştırmacı yönünü göstermektedir.

Zerkâli ve eserleri hakkındaki en kapsayıcı çalışmalar Julio Samsó ve Roser Puig Aguila tarafından gerçekleştirilmiştir. Halife el-Mu'temid'e ithaf edilmiş olan *zerkâliyyeye* dair risalenin günümüze ulaşan tek tercümesi X. Alfonso'nun emriyle

27 North, *Cosmos*, 218.

28 L. Richter-Bernburg, "Şâ'id al-Andalusî", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey (New York: Springer, 2007), 1006; North, *Cosmos*, 218. Mahmut Kaya, "Sâid el-Endelüsî" *DİA*, XXXV, 556-557.

29 Richter-Bernburg, "Şâ'id al-Andalusî", *BEA*, 1006.

30 Puig, "al-Zarqâli", 1258; Muammer Dizer, "İbnü'z-Zerkâle", *DİA*, XXI, 244-245.

hazırlanan ve Endülüs astronomi bilgisini Kastilyanca aktaran en önemli kaynak olan *Libros del Saber de Astronomia* içinde, *Libro de la açafeha* başlığı yer alır. Risale birbirinden bağımsız iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde 4 başlık altında diskin yapısı hakkında bilgi verilirken 100 başlıktan oluşan ikinci bölümde ise aletin kullanımını anlatılır.³¹

Diskin çizimi için gerekli matematiksel hesaplamalara geçmeden önce aletin adından da anlaşılacağı üzere tek bir diskten oluştuğunu belirtmek gerekir. Başka bir deyişle önyüzünde düzlem usturlaptan farkı olarak *örümcek* (*ankebut*, *rete*) parçası bulunmaz. Burçlar kuşağı ve temel parlak yıldızlar düzlem usturlaplarda döndürülebilir hareketli bir halka olan *örümceğin* üzerine bulunurken bu alette diskin yüzeyine hakkedilmiştir. Ayrıca düzlem usturlaplarda steriométrik izdüşüm merkezi (güney kutbu) esas alınır iken, *zerkâliyyede* dairesel bir yol izleyen burçlar kuşağı yani tutulumun izdüşüm merkezinin ilkbahar noktası alınması sebebiyle düz bir hat üzerine düşürülmüş olur.

Burçların konumlandırılmasını daha iyi anlamak için düzlem usturlaptaki tutulum sıralaması, *y*-ekseni boyunca üst üste katlamış şeklinde düşünülür. Böylece sıralama levha merkezinden başlayıp diskin üstüne doğru Koç, Boğa, İkizler ve buradan da aynı düz hat boyunca tekrar levha merkezine doğru Yengeç, Aslan, Boğa şeklinde olur. Hat aşağı doğru inerken bu defa sırasıyla disk merkezinde Terazi, Akrep, Yay ve tekrar levha merkezine doğru da Oğlak, Kova, Balık yer alır. Alet üzerinde aynı anda iki koordinat sistemi çizgileri bir arada bulunur. Tutulum eğimine eşit bir açıda ekvatorial ve ekliptik koordinat çizgileri izdüşümün oluşturduğu şekle uygun olarak ve üst üste bindirilerek konumlandırılır. Düzlemde tutulumun ekvatora eğimli bir çap olarak gösterilmesinin nedeni, izdüşüm gereği yükselim (*deklinasyon*) ve meridyen dairelerinin ilkbahar ve sonbahar noktalarından gündönümü düzlemine yansıtılmasıdır.

Sonuç olarak *zerkâliyyenin* ön yüzünde ekvatorial koordinat çizgileri, ekliptik koordinat çizgileri ve ufuk cetveli işlevi gören nişangâh olmak üzere üç ana unsur yer aldığı görülür. Ufuk cetveli, daha önce de bahsedildiği gibi *zerkâliyye* diskinin her enlemde kullanılabilmesi için meridyen izdüşümüne uygun olarak derecelendirilir ve düzlem usturlaplardaki *örümceğin* yerini alır. Ön yüzle ilgili söylenecek bir diğer nokta da *zerkâliyyenin* alışlagelmiş gökküresi formunun doksan derece döndürülmüş haliyle konumlandırılmış olmasıdır. Yani klasik gökküresi formunda *y*-koordinatında (yukarı/aşağı yönde) konumlandırılan kuzey/güney doğrusu burada *x*-koordinatında (sol/sağ yönünde) yer alır. Bu durumda yatay çap, kuzey ve

31 Samsó, *Islamic Astronomy*, I, 10-11.

güney gök kutuplarına bağlanan çizgiyle çakışır. Aletin dış kenarı, meridyen daire-sini; dikey çap ise ekvatoru temsil eder.

Arka yüzdeki çizelge ve göstergeler, kullanım açısından önyüzdeki izdüşümlerden bağımsızdır. Bu nedenle arka yüzün ön yüzden ayrı bir alet gibi ele alınması müm-kündür. Arka yüzünde, Mağrip ve Endülüs usturlaplarında standart olarak bulunan dört çizelge yer alır. Bunlardan ilki, gök cisimlerinin yüksekliğini ölçmede kullanılan ve arka yüzün en dış ucuna yerleştirilen dört adet 90 derecelik yükseklik ölççeğidir. Mağrip ve Endülüs usturlaplarında standart olan ikinci kısım ise gözlem ve hesabın yapılacağı günü gösteren ve tam bir daire biçiminde çizilen Jülyen takvimidir.

Merrâküşî, İslam coğrafyasının doğusundaki aletlerde nadiren görülen Jülyen takvimine, kendi yaptığı çizimde Kıpti takvimiyle birlikte yer vermiştir. Bu konu ile-ride Endülüs tarzı bir aletin ve yazmada yer alan çizimlerin değerlendirildiği bölümde tekrar ele alınacaktır. Üçüncü kısım ise takvim günlerinin burç derecelerine ve burç derecelerinin takvim günlerine dönüştürülmesi için kullanılan tam daire biçimindeki *burçlar dairesidir* (*Zodyak*). Son olarak ise trigonometrik işlemlerde kullanmak üzere sinüs çizelgesi yer alır. Daha çok evrensel disklerde karşımıza çıkan ve standart usturlaplarda yaygın kullanılmayan kısımlardan ilki ise Ay'ın Yer ile arasındaki değiş-ken mesafesini hesaplamak için kullanılan ve *Ay çemberi* olarak adlandırılan küçük daire biçiminde bir diyagramdır.³² Bazen burçlar dairesinin altına çizilebilen ve Ay'ın konaklarını gösteren bir ölçek de arka yüzde yer alabilmektedir. Son olarak *dik* (*orto-gonal*) *izdüşümle* çizilmiş bir koordinat sistemi bulunur. Standart bir düzlem usturlap için ilkeleri Bîrûnî tarafından tanımlanan dik izdüşümün, *zerkâliyye özelinde evrensel bir diske uygulanması* ise Endülüs astronomisinin bir katkısı olarak değerlendirilebilir.

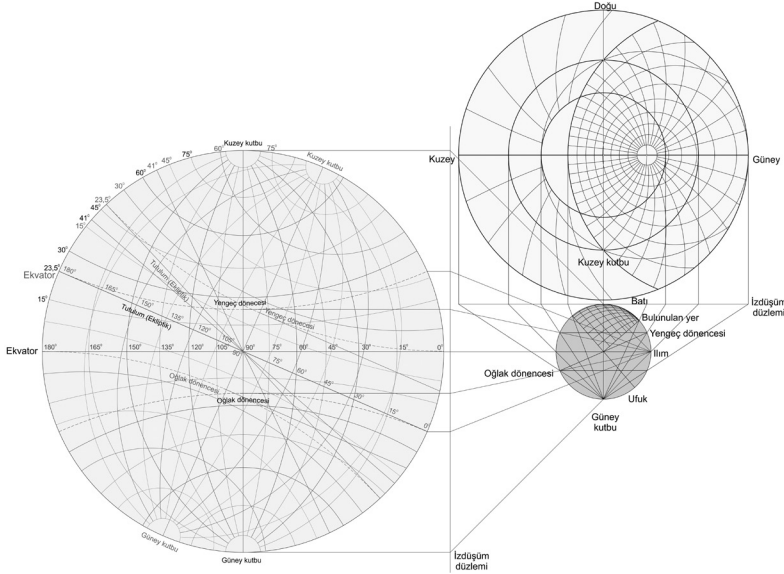
III. Evrensel Usturlap ve Zerkâliyyenin Yapısı

Düzlem usturlaplarda yeryüzünün güney kutbunda bulunduğu varsayılan bir kişi-ye göre gökküresi stereometrik izdüşüm kurallarıyla ekvator düzlemine paralel bir düzleme iz düşürülür (Şekil 1). Stereometrik izdüşümün en büyük üstünlüğü ast-ronomide önem taşıyan bir özelliğe dayanır. Buna göre gökküresindeki tüm doğru ve daireler doğru ya da daire olarak iz düşer ve aralarındaki açılar korunur.³³ Ayrıca gök cisimleri gözlenmek ve zaman belirlenmek istendiğinde, gözlem yapılan yer-yüzü enlemine ilişkin *güney* (*azimut*) ve *yükseklik* açılarının izdüşümüne ilişkin bir levhaya ihtiyaç duyulur.

32 Bütün, "İslam Astronomisinde Kullanılan Zerkâliyye Adlı Alet", 96.

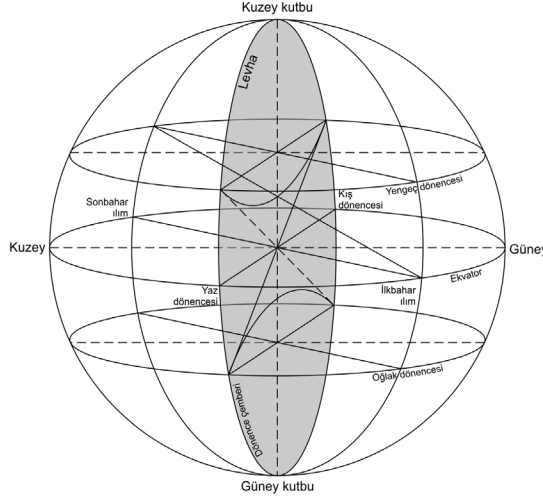
33 B. V. Kutuzov, *Geometri*, çev. Hüseyin Demir, I (İstanbul: Türk Matematik Derneği, 1968), 17.

Buna karşın enlem diskine ihtiyaç duymayan bir *evrensel diskte*, yer küresi kutuplarından geçen büyük dairelere *kutup daireleri (colure)* denir. Bilindiği gibi gökküresinde ekvator ile tutulumun kesiştiği ve güneşin güneyden kuzey yarımküreye geçtiği noktaya *ilkbahar ılım (vernal equinox)* noktası denir. Evrensel diskte gökküresinin ilkbahar ılım noktası merkez alınır ve gökküresinin tüm noktaları, coğrafi ve burçlar kuşağının kuzey ve güney kutuplarından geçen *dört kutup* ya da *dönence kutup dairesi (solstitial colure)* olarak bilinen bir daireye stereometrik iz düşürülür. Şekil 1’de her iki izdüşümün nasıl gerçekleştiği karşılaştırılabilir.



Şekil 1 Düzlem (*klasik*) ve evrensel (*universal*) usturlabın izdüşüm prensibi.

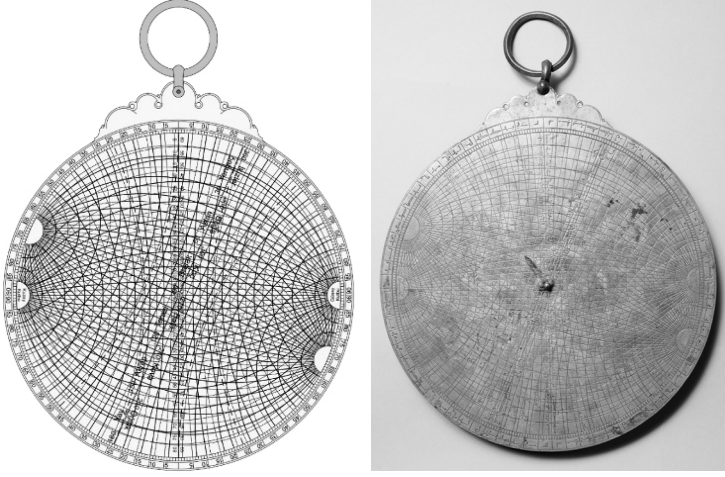
Özellikle Şekil 2’de ekvator, Yengeç ve Oğlak dönence dairelerinin dört kutup dairesine nasıl iz düşürüldüğü görülür. Bu izdüşümde yer merkezi merkezde, ekvator plakanın yatay ekseninde, *yaz dönencesi* ilkbahar ılım noktasının 90° doğusunda ve *sonbahar ılım (automal equinox)* noktası da 180° karşısında batıda yer alır ve ekvatoru ifade eden yatay çapın merkezine iz düşer. Gökküresinin kuzey yarısı levhanın üst kısmına, güney yarısı alt yarısına iz düşer. İlkbahar ve sonbahar ılım noktalarını birleştiren doğru *ılım doğrusu (equinoctial line)* olarak adlandırılır. Dönencelerden geçen kutup dairesine *dönence kutup dairesi (solstitial colure)* denir. Ekvator dairesinin kuzeyinde *Yengeç* ve güneyinde *Oğlak dönence* daireleri bulunur. Dönence daireleri arasında ekvator dairesini ılım noktalarında $\varepsilon \approx 23,5^\circ$ bir açıyla kesen burçlar kuşağı yer alır.



Şekil 2

İlkbahar yerine sonbahar ılım noktasının merkez alınması halinde izdüşüm eğrisinin değişmeyeceği açıktır. Bu durumda yılın mevsimine bağlı olarak küreye iki farklı yönden bakıldığı varsayılabilir. Ayrıca stereometrik izdüşümünün bir özelliği gereği eğer izdüşüm merkezi tutulum doğrusu yatay konuma gelecek şekilde çevrilirse, ılım doğrusu tutulumu ifade etmeye başlar; bu durumda tutulumun üzerindeki yaylar gökküresi enlemlerine ve kutupsal yaylar da gökküresi boylamlarına karşı düşer. Benzer şekilde eğer izdüşüm merkezi, gökyüzünde bulunan yerin ufuk uzantısına çevrilirse, bu durumda ılım doğrusu ufku ifade etmeye başlar. Şimdi izdüşüm kutupları bulunan yerin başucu ve ayakucuna karşı düşer, enlem ve kutup yayları, yükseklik ve güney açıları *saat* açıları olarak değerlendirilebilir. Şu halde bu izdüşüm sayesinde uzayda her nokta aynı anda üç farklı koordinat sisteminde ifade edilebilir. Böylece ekvator koordinat sisteminde *yükselim/bahar açısı*, tutulum koordinat sisteminde *enlem/boylam* ve ufuk koordinat sisteminde *yükseklik/güney açısı* arasındaki geçiş kolaylıkla sağlar. Örneğin bir noktaya ilişkin gökküresel enlem ve boylam biliniyorsa buna ilişkin yükselim ve bahar açısı ile yükseklik ve güney açısı ve aksi kolayca türetilir.

Stereometrik izdüşüm kuramında daireler korunduğu için, ekvator dairesinin üstünde ve altında yer alan ekvator koordinat sistemine ilişkin *yükselim* ve *bahar açısı* daireleri ile tutulum dairesinin üstünde ve altında yer alan tutulum koordinat sistemine ilişkin *enlem* ve *boylam* daireleri denir. Levha merkezinden geçen eksene *öğle dairesi (meridyen)* adı verilir. Ekvator ve tutulum koordinat sistemlerine ilişkin *yükselim* ve *bahar açısı* ile *enlem* ve *boylam* daireleri genellikle 5° aralıkla çizilir, levhanın kenarına her kadran 0° - 90° arasında derecelendirilir ve levha merkez noktası etrafında izdüşüm konumuna göre 90° sola döndürülürse Şekil 3'te görüldüğü gibi evrensel usturlabın ön yüzeyi elde edilir.



Şekil 3a ve 3b Evrensel usturlabın ön yüzü. Bu çizimde Yengeç ve Oğlak dönencelerinin enlem daireleri kesik çizgilerle çizilmiştir.³⁴

Bu durumda ekvatoru ifade eden düşey eksenin üzerine levhanın en üst noktasından başlamak üzere 5° arayla yukardan aşağıya 5° - $(1)80^\circ$ ve aşağıdan yukarıya $(1)85^\circ$ - $(3)60^\circ$ boylam dereceleri *ebced* sayıları kullanılarak kaydedilir. Yer kısıntısı nedeniyle bu değerlerin sadece iki hanesi yazılır.

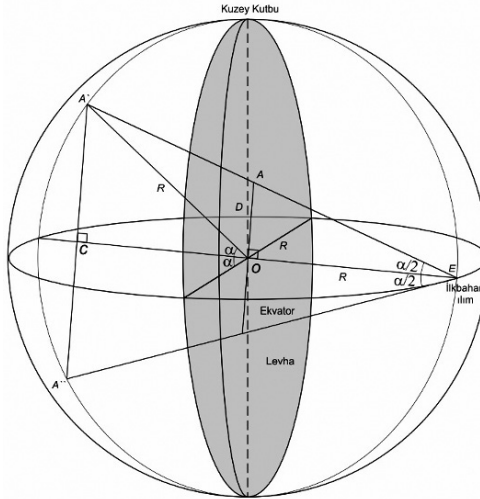
Çapraz çap tutulum dairesinin izdüşümünü oluşturur, levhanın merkezinde ılımlı noktalarından geçerken dönencelerde çevre dairesiyle temas eder. Güneş yıl boyunca tutulum üzerinde hareket eder. Tutulum ekseni üzerine $\varepsilon \approx 23,5^\circ$ çevre açısından başlayarak yukarıdan aşağıya (Yengeç-Yay) ve aşağıdan yukarıya (Oğlak-İkizler) burçları yazılır. Her iki burcun arasına 30° arayla λ Güneş boylamı yukardan aşağıya (30° - 180°) ve aşağıdan yukarıya (210° - 360°) yazılır. Tutulum eksenini de kısa, orta ve uzun olmak üzere 1° , 5° ve 30° 'ye taksim edilir. Levha, çevredeki yükseklik yayı en üst ve en alt nokta 0° , kutuplar 90° olmak üzere 5° 'lik kutulara ayrılır ve her bir kutunun iç kenarına da 1° 'lik taksimat eklenir.

34 Şekil 3b'de yer alan ön yüz çizimi, orijinali Fransa Milli Kütüphanesi Matematiksel Aletler Koleksiyonu'nda CPL, Reg B 1607; cote Ge A 408 kayıt numarasıyla kayıtlı 3a'da bulunan alet temel alınarak hazırlanmıştır. Alet, İstanbul'da Alman gezgin Ernst Gustav Schultz'un (1811-1851) tarafından satın alınmış, ardından birkaç kere daha el değiştirerek Fransız Milli Kütüphanesi'nin mülkiyetine geçmiştir. 1890 ve 1920 yılları arasında Fransız Milli Kütüphanesi'nde görülmeyen alet, Kahire'deki Cattaoui Pacha Koleksiyonunda olduğu fark edilmiş, R. Weinsteg'in mülkiyeti altındayken 1959'da Sotheby's'te satışa sunulmuş ve Paris antika satıcısı Nicolas Landau (1887-1970) aracılığı ile tekrar Fransa Milli Kütüphanesi'ne kazandırılmıştır. Bkz. Anthony Turner, Silke Ackermann ve Taha Yasin Arslan, *Mathematical Instruments in the Collections of the Bibliothèque Nationale de France*, (BNF Editions, 2018), 37.

Evrensel Usturlap Ön Yüzeyinin Çizilmesi

Usturlap levhası ilk bakışta çok karmaşık gözükse de çizimi kolaydır. Levhanın üzerindeki bir noktanın konumunu kolay okuyabilmek amacıyla plakanın çapı olabildiğince büyük seçilir. Günümüze ulaşmış olan en gelişmiş aletlerin çapı 38 cm'dir. Bir evrensel usturlabın yapımında genellikle aşağıdaki işlemlere sırasıyla başvurulur: İlk içindeki çizimlere yeterli yer kalacak şekilde dış çember ve çevre göstergesi çizilir. Birinci onu takip eden her dört kadran pozitif (saat yönünün aksi) yönde her derece kısa, 5 derece daha uzun çizgilerle ve 10 derece ayrıca belirtilmek suretiyle 0° ila 90° arasında taksim edilir.

İlım ve öğle doğruları birbirine dik iki çap olarak çizilir. Şekil 4'e görüldüğü gibi ilkbahar ılım noktasına göre levha üzerine stereometrik iz düşürülen her noktanın plaka merkezine olan D mesafesi, R büyük daire yarıçapı ve α iz düşürülen noktanın merkez açısı olmak üzere AOE dik üçgeni gereği $D = R \cdot \sin \alpha$ ilişkisini sağlar.³⁵



Şekil 4 Enlem (yükselim ya da yükseklik) yaylarının çizilmesi

Enlem yayları genellikle plakanın üzerine 5° ila 85° arasında 5° arayla çizilir. Enlem dairelerinin c merkez uzaklığı ve r yarıçapları levha yarıçapı R ve enlem derecesi β olmak üzere Şekil 5 gereği aşağıdaki ilişkilerden yararlanılarak $c = R/(\sin \beta)$, $r = R/(\tan \beta)$ hesaplanabilir.³⁶

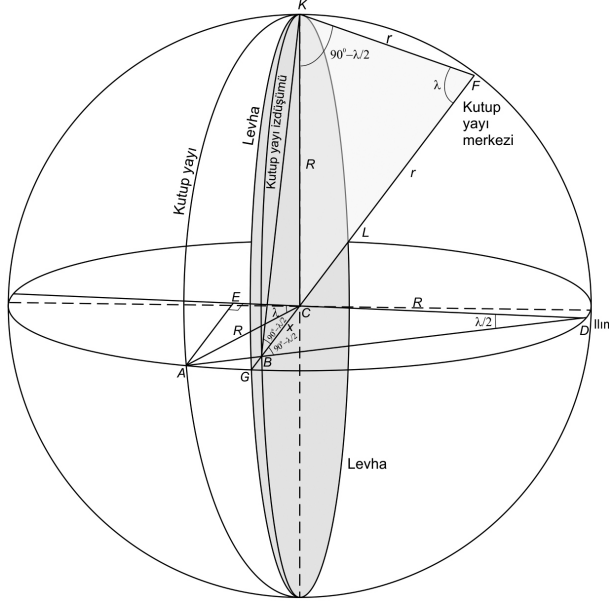
35 Burada levha çevre açısı $\angle(AEO) = \alpha/2$, plaka merkez açısı $\angle(A'OC) = \alpha$, $AO = D$ ve $A'O = EO = R$ ilişkileri geçerlidir.

36 Bu ifadeler türetilirken stereometrik izdüşümünde açların korunduğunu ve enlem dairelerinin en bü-

Boylam (kutup yaylarının) çizilmesi

Boylam ya da kutup yayları Şekil 6'da görüldüğü gibi, λ merkez açısı ve R plaka yarıçapı olmak üzere dönence doğrusunu plaka merkezinden x mesafede merkezi dönence doğrusu üzerinde bulunan r yarıçaplı bir daireyle ifade edilir:³⁷

$$x = R \cdot (\tan \lambda/2), \quad r = R / (\sin \lambda).$$



Şekil 6

Kutup yaylarının λ merkez açısı 5° arayla hesaplanırsa Çizelge 2'de verilen x/R mesafe ve r/R yarıçap oranları hesaplanır:

37 Şekil 5'te $x = BC$, $R = DC$ ve çevre açısı $\angle(CDB) = \lambda/2$ olduğundan, ilim düzleminde bulunan DCB dik üçgeninden $x = R \cdot (\tan \lambda/2)$ ilişkisi geçerlidir. Ayrıca BC kenarı müşterek ve $DC = KC = R$ olduğundan levha düzlemindeki KCB dik üçgeni ilim düzlemindeki DCB dik üçgenine eşittir. Buna göre $\angle(DBC) = \angle(KBC) = [90^\circ - (\lambda/2)]$ yazılabilir. Ayrıca KB kutup izdüşüm yayında $KF = FB = r$ olması gerektiğinden, KBF üçgeni ikizkenardır. Bir üçgende açılar toplamı 180° olması gerektiğinden $\angle(KFB) = \lambda$ olduğu görülür. Buna göre KFC dik üçgeninde $r = R / (\sin \lambda)$ ilişkisinin geçerliliği de kanıtlanmış olur.

λ°	$x/R = (\tan \lambda/2)$	$r/R = 1/(\sin \lambda)$
5°	0,0437	11,4737
10°	0,0875	5,7588
15°	0,1317	3,8637
20°	0,1763	2,9238
25°	0,2217	2,3662
30°	0,2679	2
35°	0,3153	1,7434
40°	0,3640	1,5557
45°	0,4142	1,4142
50°	0,4663	1,3054
55°	0,5206	1,2208
60°	0,5773	1,1547
65°	0,6371	1,1034
70°	0,7002	1,0642
75°	0,7673	1,0353
80°	0,8391	1,0154
85°	0,9163	1,0038
90°	1	1

Çizelge 2

Yıldız konumları

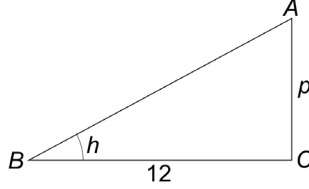
Son olarak evrensel usturlabın ön yüzüne sadece sabit yıldızların yerleştirilmeleri kalır. İslam medeniyetinde genellikle usturlaplarda yeri belirtilen sabit yıldızların isimleri, parlaklıkları ve konumları *Şekil 3a'da* yer alan aletin üzerine işlenmiş yıldız bilgileri kullanılarak oluşturulan yıldız tablosu Çizelge 3'te verilmiştir. *Şekil 3a'da* yer alan aletin ön yüzünde, yıldız adları Arapça yazılışları ve yıldız parlaklığını ifade eden bir işaretleme ile yüzeye hak edilmiştir. Yıldız adlarının yanındaki parlaklık gösteriminde daha parlak yıldızlar için büyük, daha az parlak yıldızlar için ise küçük işaret kullanılmıştır. Tablodaki yıldız koordinat bilgileri alette yer alan yıldız işaretlemelerinden yapılan ölçümlerle oluşturulmuştur. Yıldızların güncel koordinatlarını değil aletin yapıldığı dönemdeki koordinat bilgilerini vermektedir. Takım-yıldızların ve yıldızların modern astronomide kullanılan isimlendirmesi de tabloya eklenmiştir.

Güney kutbundan ekvatora doğru							
Sayı	Astronomide adı	Yaygın kullanımı	Arapça adı	Yazılışı	Parlaklığı	Yükselim	Bahar Açısı
1	α Erboğa	Centaurus	Riclu'l Kantarus	رجل القنطورس	⊙	- 58°	327°
2	α Karina	Canopus	Süheyl	سهييل	⊙	- 52°	90°
3	π Yelken	-	Muczâfu's-Sefine	مجداف السفينه	⊙	- 51°	64°
4	α Yelken	-	Münirü's Sefine	منير السفينه	⊙	- 44,5°	64°
5	δ Irmak	-	Ahirül'n Nehir	اخر النهر	⊙	- 43,5°	39°
6	λ ya da ν Akrep	λ :Salva ν :Lesath	E's-Savla	السوله	⊙	- 41°	300,05°
7	α Güney Balığı	Fomalhaut	Femmü'l-Hut	فم الحوت	⊙	- 36°	334°
8	ζ Yay	Ascella	İbti'l Remiye	ابط الرامي	⊙	- 30,05°	270,2°
9	α Akrep	Antares	Kalbül Akreb	قلب العقرب	⊙	- 24°	235,35°
10	ι Balina	Deneb Kaitos Shemali	Zenebül Kaytus	ذنب القيطوس	⊙	- 22,05	0,05°
11	ζ Balina	Baten Kaitos	Metainü'l- Kaytus	متاين القيطوس	⊙	- 15°	17,5°
12	α Büyük Köpek	Sirius	El-Abür	العبور	⊙	- 15°	93,04°
13	β Orion	Rigel	Riclü'l-Cevza	رجل جوزا	⊙	- 10°	112°
14	α Başak	Spica	El-'Azal	الاعزل	⊙	- 7,4°	190,83°
Kuzey kutbundan ekvatora doğru							
1	γ Küçük Ayı	Pherkad	El-Fergad	الفرقد	⊙	77°	225°
2	α Küçük Ayı	Polaris	Zahru'd-Dübb	ظهر الدب	⊙	66°	151°
3	β Kraliçe veya Koltuk	Caph	El Hazib	الحضيب	⊙	54,05°	189°
4	η Büyük Ayı	Alkaid	El Kai'd	القايد	⊙	53°	194°
5	α Arabacı	Capella	El Ayyuk	العَيُوق	⊙	44°	115°
6	α Kuğu	Deneb	Er-Redif	الردف	⊙	42,6°	303,6°
7	β Perse	Algol	Reisü'l-Gul	راس الغول	⊙	38,4°	35°
8	α Çalgı	Vega	El-vâki	الواقع	⊙	37,4°	272,1°
9	α İkizler	Castor	Re'sü'l-Tuaum	راس التوام	⊙	34,05°	101°
10	α Kuzey Tacı	Alphekka	Münirü'l-Fekke	منير الفكه	⊙	30°	225°
11	α Kanatlı At	Andromeda	Surretü'l-Feres	سره الفرس	⊙	25°	351°
12	α Yay	Arcturus	Er-Ramih	الرامح	⊙	24°	336°
13	β Aslan	Denebola	Es-Serka	السرقة	⊙	19°	166°
14	α Aslan	Regulus	Kalbü'l-Esed	قلب الاسد	⊙	15,7°	141,40°
15	α Boğa	Aldeberan	Aldeberan	الدبران	⊙	14,7°	58,06°
16	α Kartal	Altair	Et-Tair	الطائر	⊙	5,9°	286,67°
17	α veya β Küçük Köpek	α : Procyon β : Gomeisa	El-Gamyus	الغميس	⊙	7°	104°
18	α Orion	Betelgeuse	Menkebü'l-Cevzâ	منكب الجوزا	⊙	5°	120°

Çizelge 3 Sabit yıldızlar listesi

Arka yüz**Tanjant (gölge, zıl) çizelgesi**

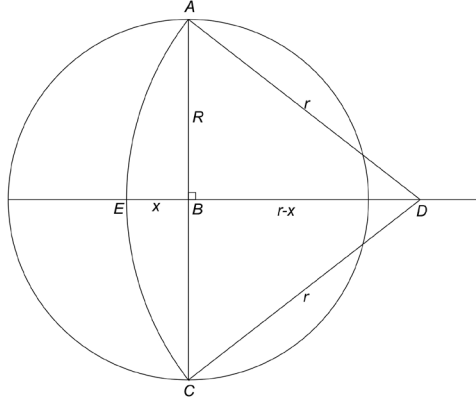
Tanjant ya da *gölge (zıl)* çizelgesi bir ABC dik üçgeninde *Şekil 7* gereği $AC = p$, $BC = 12$ parmak olmak üzere $h = \tan^{-1}(p/12)$ ilişkisinden yararlanılarak düzenlenir. Levhada genellikle aşağıdaki değerlere yer verilir:

**Şekil 7**

p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p/12$	1/12	1/6	1/4	1/3	5/12	1/2	7/12	2/3	3/4	5/6
h [°]	4°,764	9°,462	14°,036	18°,435	22°,62	26°,57	30°,26	33°,69	36°,87	39°,81
p	11	12	14	16	18	20	22	24	27	30
$p/12$	11/12	1	7/6	4/3	1 1/2	5/3	11/6	2	27/12	2 1/2
h [°]	42°,51	45°	49°,4	53°,13	56°,3	59°,04	61°,39	63°,44	66°,04	68°,2
p	33	36	39	43	48	60				
$p/12$	11/4	3	13/4	43/12	4	5				
h [°]	70°,02	71°,57	72°,9	74°,41	75°,96	78°,69				

Çizelge 4**Arka yüz kutup daireleri**

Eğer *Şekil 8* gereği merkez dairesinin yarıçapı $AB = R$, kutup dairelerinin yarıçapı $AD = r$ ve bu dairelerin BD ekenini kestiği E noktasının B merkezine mesafesi $EB = x$ ile ifade edilirse ABD dik üçgeninde ilişkisi yazılabilir.



Şekil 8

Bu ifadeden kutup dairelerinin yarıçapı $r = (x^2 + R^2)/2x$ olarak elde edilir. Eğer ayrıca $k = (0, 1, 2, \dots, 12)$ ve $R = 60$ olmak üzere $x = k(R/12) = k(60/12) = 5k$ alınırsa, aranan daire yarıçapları için $(r/R) = (k^2 + 144)/24k$ yazılabilir. Çizelge 4'de $k = (0, 1, 2, \dots, 12)$ için bu dairelere ilişkin x mesafeleri, r/R oranları ve $d = 2r$ çapları hesaplanmıştır.

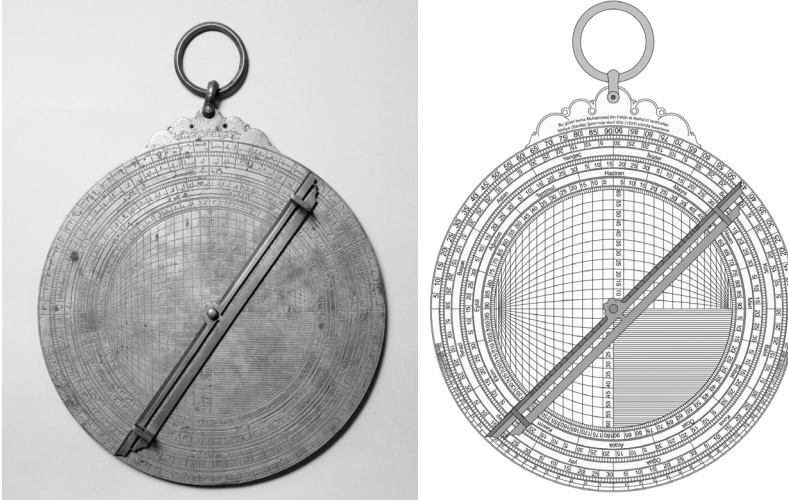
k	x	r/R	d = 2r
0	0	∞	∞
1	5	6,042	725
2	10	3,083	370
3	15	2,125	255
4	20	1,667	200
5	25	1,408	169
6	30	1,250	150
7	35	1,149	137,86
8	40	1,083	130
9	45	1,042	125
10	50	1,017	122
11	55	1,004	120,45
12	60	1	120

Çizelge 5

Ay adları: Merrâküşî evrensel usturlapta burç dereceleri ile miladi takvim arasındaki ilişkiyi verirken genellikle ay adlarını Kıpti dilinde verir.

Türkçe	Kıpti aylar	Yazılışı
Mart	Bermehât	برمهات
Nisan	Bermûde	برموده
Mayıs	Bişnes	بشنس
Haziran	Beûne	بؤونه
Temmuz	İbib	ایبب
Ağustos	Mesrâ	مسرى
Eylül	Tût	توت
Ekim	Bâbe	بابه
Kasım	Hetûr	هتور
Aralık	Kehvâk/Kihâk	كهواك
Ocak	Tûba	طوبى
Şubat	İmşir	امشير

Çizelge 6



Şekil 9a ve 9b Evrensel usturlabın arka yüzü çizimi.³⁸

Zerkâlî'nin izdüşüm çiziminde kullandığı trigonometrik hesaplar, kullanım için yeterli bilgiyi vermekle birlikte hangi formüllerle hesaplandığına dair bilgi sunmaz.³⁹

38 Arka yüzün çiziminde de tıpkı ön yüzde olduğu gibi Şekil 3a'da yer alan alet kullanılmıştır.

39 King, *In Synchrony with the Heavens*, 130.

IV Çeviri ve Yorum

Dördüncü Bölüm

Zerkâliyye ve Şekkâziyye levhasının izdüşümüyle (tastih) ilgilidir

Bu bölüm beş kısımdan oluşur.

Birinci kısım (*fasil*)

Bir levhanın çizilmesi için bilinmesi gereken hususlarla ilgilidir

Bu hususlardan ilki izdüşüm yüzeyini belirleyen merkezdir ki o da 4 kutuptan geçen dairenin iki kutbundan biri. Buna ilişkin merkez de 4 kutuptan geçen dairenin 2 kutbundan diğeridir. Levha yüzeyini belirleyen merkezin belirtildiği gibi seçilmesi halinde bu levhanın ölçme yüzeyi 4 kutuptan geçen daireye paralel yüzeylerden oluşur. Bunun sonucunda dört kutuplu daire de paralel bir düzleme, merkezi düzlem merkezine gelecek şekilde bir tam daire olarak iz düşer⁴⁰. Bu dairenin merkezi izdüşüm merkezidir. *Ekvator (itidal dairesi)* ve burçlar kuşağının her biri levhanın merkezinden geçen düz bir hat oluşturur.

Öğle dairesinin iki kutbundan ve diğerlerinden geçen dairelere gelince: Bunlar farklı büyüklükte olup tümü öğle dairesi kutuplarıyla kesişen dairelerdir. Hepsinin merkezi de gün ortasını belirleyen ekvator hattı üzerinde bulunur. Öğle hattına paralel dairelere gelince bunların tümü birbirine paralel olmayan dairelerden oluşur. Bunların merkezleri ise kutuplardan geçen ve öğleyi belirleyen daire hattının yüzeyi üzerinde yer alır. Burçlar kuşağının iki kutbundan geçen dairelere gelince, bunlardan levha yüzeyinden geçen daire, levha yüzeyinden geçen bir hat oluşturur. Diğerleri de birbirine eşit olmayan dairelerdir. Bunların tümü burçlar kuşağının her iki kutbunda kesişir. Bunların hepsinin merkezi burçlar kuşağının çiziminden oluşan düz hat üzerinde yer alır. Burçlar kuşağına paralel dairelere gelince bunlar paralel olmayan daireler oluştur ve hepsinin merkezi burçlar kuşağının iki kutbundan ve yüzey belirleme noktasından geçen düz hat üzerinde bulunur.

40 Diğer bir deyişle dört kutuptan geçen büyük daireye paralel tüm yüzeyler izdüşüm merkezine göre benzer yüzeylerden oluşur. İzdüşüm kutupların dördü disk dairesi üzerinde diğer ikisi ise ekvator dairesi üzerinde yer alır. Levha merkezi gök küresinin kuzey ve güney kutupları, yaz ve kış dönenceleri ile ilk ve sonbahar ilim noktalarını birleştiren dik eksenlerinin kesiştiği noktadır. *Zerkâliyye* levhasının ön yüzeyinde şu dairelere ilişkin çizimler bulunur: (i) Aletin dış çevresini oluşturan ve *ekvator* ile *tutulumun dört kutbundan geçen merkezi büyük daire*; (ii) coğrafi kutuplardan geçen büyük *yükselim* ve ekvatora paralel küçük *yörünge* ya da *bahar açısı daireleri*; (iii) tutulum kutuplarından geçen büyük *boylam* ve burçlar kuşağına paralel küçük *enlem daireleri*.

İkinci kısım

Zerkâliyye levhasının yapımı ve ön yüzünün çizimine ilişkindir

Zerkâliyye levhasının yapımına gelince: Tam dairesel, bükülemeyecek kalınlıkta bir levha alınır. Bu levhanın iki yüzü birbirine paralel, tamamen düz ve pürüzsüz olmalıdır. Levhanın çevresinde tıpkı usturlapta olduğu gibi askı için bir dil bulunur. Levha kendi askısıyla asıldığında, askı çivisinin ortasından sarkıtılan bir çekül levhanın merkezinden geçen çizgisinin tam ortasına denk gelmelidir. Bu nokta merkez alınarak levhanın bir yüzüne 3 adet eş merkezli daire çizilir. En büyük çaplı daire, levhanın dış kenarına en yakın olandır. Ortadaki daire ile en büyük daire arasında *ebced* harfleriyle 5'in katları sırayla yazılacak kadar bir aralıkta bulunmalıdır. En küçükle ortadaki daire arasında ise derece taksimatı görülecek kadar bir mesafe bulunmalıdır. En küçük daire 4 kutuptan geçen daireye karşı düşer.

En büyük dairenin *E* merkezine dik açıyla kesişen iki çap çizilir. Yüzeyin *E* merkezinden geçen bu çaplardan biri askı çivisinden geçen ve aynı zamanda ekvator düzleminin izdüşümüne karşı düşen düz hattır. Burada (*AB*) çapı ekvator dairesine ya da ekvator ufkuna karşı düşer. Buna dik diğer (*CD*) çapı ise arz kutuplarından ve *E* merkezinden geçen dünya ekseninin izdüşümüdür. Ekvator hattının her iki (*A* ve *B*) ucu, ögle dairesini belirleyen (*CD* hattının) iki kutbunu belirler. Kuzeydeki (*D* noktası) kendi askısına asılan levha yüzeyine bakan kişinin solunda kalır ve arzın kuzey kutbunu ifade eder. Bu iki çapın büyük orta ve küçük daireyi 4 eşit kısma böldüğü açıktır. En büyük dairenin her dörtte bir yayı 18 eşit parçaya bölünür.⁴¹ Cetvelin bir ucu *E*'ye getirilir diğer ucu bölümlerden her birinin başına ve sonuna getirilerek büyük ve küçük daireler arasına bir çizgi çizilir. En küçük dairenin dörtte biri de 18 eşit kısma bölünür. Bu bölümlerden her biri de ayrıca 5 eşit kısma bölünür. Böylece en küçük dairenin her dörtte biri de 90 eşit kısma bölünmüş olur.⁴² Şimdi aynı şekilde cetvelin ucunu bu bölümlerden her birinin sonuna ve *E* noktasına getirilir küçük daire ile orta daire arasına bir çizgi çizilir. Alışıldığı ve resimde görüldüğü gibi bu bölümlerin her birinin üzerine her bir çeyrekte ekvator ufkunda başlamak ve kutuplarda sona ermek üzere derece değerleri yazılır ve bu derecelerin her biri mümkün olduğu kadar dakika alt birimine de bölünmüş olur.

Dört kutuptan geçen dairenin güney yarısının üst çeyreğinin en üst noktasından en büyük güneş eğimi ($\varepsilon = 23,5^\circ$) kadar bir eğim işaretlenir ve bu işaretin karşı-

41 Çeyrek daire 90° olduğundan kadran $90^\circ/18 = 5^\circ$ 'ye taksim edilmiş olur.

42 Ayrıca her bölme 5'e bölündüğünden her bir kadran $(18 \times 5^\circ) = 90^\circ$ 'ye ve neticede küçük daire üzerinde her bir alt taksimat 1° olmak üzere daire $(90^\circ \times 4) = 360^\circ$ 'ye bölünmüş olur.

sına küçük dairenin bir çapı çizilir. Bu çap burçlar kuşağını ifade eder. Aynı şekilde dört kutuptan geçen dairenin kuzey yarısındaki en üst çeyreğinde en yüksek güneş eğiminin tamlayanı kadar bir eğim alınır $[(90^\circ - \epsilon) = 66,5^\circ]$ ve işaretlenir. Bu işaret burçlar kuşağının iki kutbundan kuzeyde olanına karşı düşer. Bu işareten kutuplardan geçen daireye bir çap çizilir. Bu çapın diğer ucu dört kutuptan geçen dairenin güney yarısının en alt çeyreği üzerinde bulunur ki bu da burçlar kuşağı iki kutbunun güney kutbuna karşı düşer.

Levha, sert ve düz yüzeyle bir ahşabın üzerine, yüzeyi dört kutuplu daire yüzeyiyle eşleşecek bir şekilde yerleştirilir. Ahşap yüzeyin üzerine $A-B$ ekvator ufku ve $C-D$ ilım ekseni yönünde sonsuz iki düz hat çizilir. Aynı şekilde burçlar kuşağı $(\epsilon = 23,5^\circ)$ ve burçlar kuşağı kutupları $[(90^\circ - \epsilon) = 66,5^\circ]$ yönündeki hatlar da çizilir.

Yörünge (bahar açısı) ve enlem (medârât) dairelerinin çizimi: Yörünge (bahar açısı) daireleri ekvator dairesine, enlem daireleri ise burçlar kuşağına paralel boylamlara dik dairelerdir. Burçlar kuşağı da bu alette bir enlem dairesine karşı düşen bir hattır. Yörüngeler ve enlem daireleri ekvator ve burçlar kuşağı dairesinden farklı dairelerdir. Bu aletle doğru gözlem yapabilmenin koşulu yörünge ve enlem değerlerini eşit basamak değerleriyle ifade etmektir. Bu nedenden dolayı yörünge ve enlem değerleri ekvordan itibaren 5'er derece basamak değerleriyle alınır. Gerekli görülürse basamak değerleri azaltılır ya da arttırılır.

Bu aleti icat edenin ileri sürdüğü yöntemi aynen izleyelim.⁴³ Bunun için E izdüşüm merkezinden geçen cetvelin bir ucunu dört kutuptan geçen dairenin üst güney çeyreğinde $FE = 85^\circ$ sonuna getirelim. Biz biliriz ki bu durumda cetvel daireyi L ve M noktalarında keser (Şekil 10). Benzer şekilde eğer cetvel yine E noktasından geçecek şekilde bu kez alt güney çeyreğinin $FE = 85^\circ$ sonuna getirilirse bu durumda cetvel daireyi L'' ve M'' noktalarında keser. Bu durumda eğer LM ve $L''M''$ hatları çekilirse CD hattı simetri nedeniyle N ve N'' noktalarında bu hatları iki eşit kısma böler. Eğer LL'' ve MM'' hatlarının her iki ucuna $FE = 85^\circ$ tamlayanı $NLP = E = 5^\circ$ kadar bir açı ilave edilirse bu P noktasının E ve L noktasına uzaklıkları oranı L noktasının P ve N noktasına uzaklığı oranı kadardır $(PE/PL = PL/NP)$. Pergelin bir ucu P noktasına diğer ucu L noktasına konarak $LL'L''$ yayı çizilir. Bu aranan 85° güney yörünge yayıdır. Eğer C güney kutbunda gerçekleşen bu işlemler D kuzey kutbunda tekrarlanırsa benzer şekilde 85° kuzey yörünge yayı $MM'M''$ elde edilir. Her iki yayın AB ekvator dairesinden güney ve kuzey yönde mesafesi 85° 'dir.

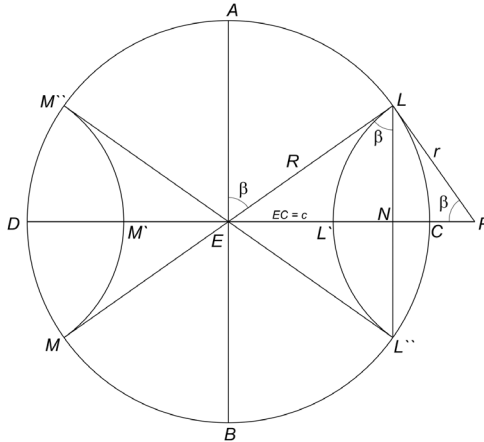
43 Yükselim ve enlem dairelerinin çizimi hususunda mevcut yazmalarda arasında farklar, eksikler ve hatalar bulunmaktadır. Burada verilen yorumda metinde izlenen yöntem sadeleştirilmiş, basitleştirilmiş ve özgün metindeki karmaşık adlandırma yerine Şekil 10'daki harfler kullanılmıştır.

Yöntem 5° fark alınarak kutuplar dairesinin her 4 çeyreğinde ekvatorun her iki yönünde sürdürülür. Doğru yapıldığında güney ve kuzey yörüngelerinin ekvatora olan mesafeleri aynı kalmalıdır. Kutupların ekvator dairesine yüksekliği 90° 'dir.⁴⁴ Aynı yöntem AB ekvator ufku ve CD kutup eksenine $\varepsilon = 23,5^\circ$ 'lik bir açı yapan burçlar kuşağı ve burçlar kuşağı kutuplarına da uygulanır ve 5° 'lik basamaklar halinde burçlar kuşağının her iki yönünde sıralanan *enlem (medârât)* daireleri de elde edilir.

Yükselim (memerrât) ve boylam (el-u'rûz) dairelerinin çizimi: Yükselim ve boylam daireleri denince ekvator ve burçlar kuşağından dik olan daireler anlaşılır. Bu aleti tasarlayan kişi daireleri, kendi de bir yükselim dairesi olan öğle dairesine göre ekvator çevresinde 5° arayla yerleştirir. Benzer şekilde boylam dairelerini de burçlar kuşağı çevresinde burçlar eksenine göre 5° arayla yerleştirir. Başlangıç dört kutuptan geçen dairenin ekvatoru kestiği A noktasıdır. İstenirse daha küçük ya da daha büyük bir basamak aralığı da seçilebilir. Biz burada bu aleti icat edenin önerdiği yöntemi izlemeyi sürdürüceğiz.

Burada tasarımcının önerdiği çözüm temel alınır ve cetvelin bir ucu ekvatorun kutuplarından güney kutbuna karşı düşen C noktası üzerine konur. Cetvelin diğer ucu yükseklik dairesinin kuzeydeki en alt çeyreğinin $FE = 85^\circ (= 90^\circ - \lambda)$ yazan

44 Eğer çizilmesi öngörülen yükselim ya da enlemin açısı $\beta (= 85^\circ)$ ve levha yarıçapı R ise, yükseklik dairesinde $\angle(AEL) = \beta$ açısı alınır (bak *Şekil A1*) ve $EL = R$ yarıçapı çizilerek L noktası elde edilir. Eğer E merkezli $AMBD$ dairesine L noktasında LP teğeti çizilirse, bu durumda P merkezli ve $r = LC$ yarıçaplı $LL'L''$ yayı aranan izdüşüm yayına karşı düşer. Bu durumda $\angle(AEL) = \angle(ELN) = \angle(NLM) = \beta$ olduğundan $r = R/(\tan \beta)$ ve $EP = c = R/(\sin \beta)$ olduğu açıkça görülür. Metinde LP teğeti $ELN = \beta = 85^\circ$ açısına bu açının bütünleyeni $NLP = (90^\circ - \beta) = 5^\circ$ açısı ilave edilerek elde edilir. Şekilde görüldüğü gibi ayrıca ELP ve PNL dik üçgenlerinin benzerliğinden $PE/PL = PL/PN$ ya da $PL^2 = (PE \times PN)$ ilişkileri türetilir:

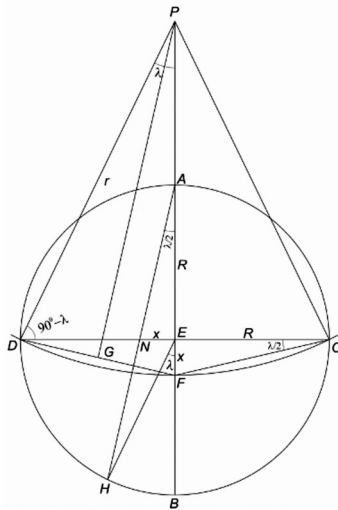


Şekil 10

kısmın sonuna getirilir (Şekil 11)⁴⁵. Bu durumda cetvel AB ekvator hattını F noktasında keser. F noktası D kuzey kutbuyla birleştirilir. DF hattı pergeli yardımıyla G noktasıyla $GD = GF$ olacak şekilde iki eşit kısma bölünür. Sonra yine pergeli yardımıyla DF hattına dik GP hattı çizilir. Eğer pergelin bir ucu P noktasına diğer ucu F noktasına yerleştirilirse DFC yayı çizilir. Böylece aranan $\lambda = 5^\circ$ ve bunu bütünleyen $(180^\circ - \lambda) = 175^\circ$ açısına ilişkin yükselim yayı elde edilmiş olur. Aynı şekilde bu dairelerin çizimi 85 derece tamamlanıncaya kadar sürdürülür. $180^\circ > \lambda > 360^\circ$ arasındaki daireler $0 > \lambda > 180^\circ$ açı değerlerine ilişkin dairelerin CD eksenine göre simetriği alınarak belirlenir.

Kuzey yarım kürede kutuplar dairesinin en üst yarısından itibaren yükseklik dairelerinin yaz gündönümüne olan uzaklıkları yazılır. Bu durumda sayının başlangıcı, halkanın hemen altında ekvatorun A noktasından başlar. En alta B noktasında 180° 'ye ulaşır. Sonra sayı yükselerek güney yarım küredeki ekvatora çıkarak HX noktasında 270° 'ye ulaşır, ekvatorun en üst tarafında da 360° 'ye çıkar ki o da başlangıçtır. Daha sonra levhada ekvator hattı boyunca kutuplar dairesinin en üst yarısından başlayarak boylam dairelerinin değerleri 5° 'er derece aralıkla (kuzey kutbu-

45 Geometrik çizim Şekil 11'de verilmiştir: Eğer çizilmesi öngörülen yükselim ya da boylam açısı λ ve levha yarıçapı R ise dört kuttan geçen yükseklik dairesinde $\angle(HAB) = \lambda$ merkez açısı için $\angle(HAB) = \lambda/2$ çevre açısı elde edilir. Eğer $EN = x$ mesafesi $EF = EN = x = R \cdot (\tan \lambda/2)$ alınır, $FC = FD$ hatları çizilir, FD hattının yarısı G noktası bulunur ve FD hattına dik GP hattı çizilirse P noktası elde edilir. İkizkenar $PDF = PCF$ üçgenleri ve PDE dik üçgeni nedeniyle P merkezli CFD yayı aranan $r = R / (\sin \lambda)$ boylam yarıçapını belirler:



Şekil 11

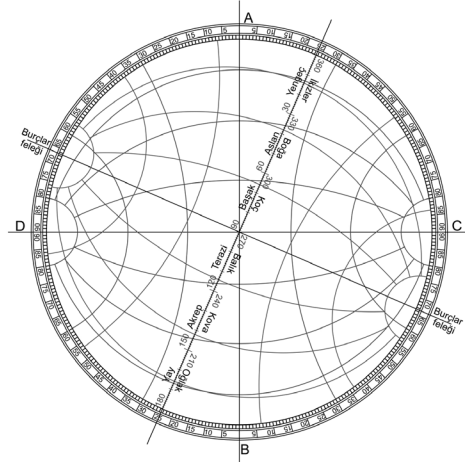
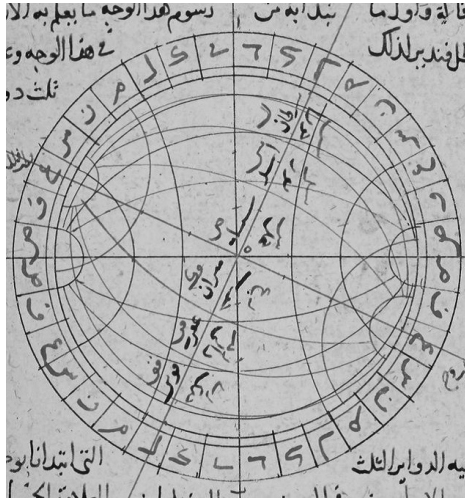
na yönelik olarak) yazılır. Burada en üst noktadan en alt noktaya ulaştığında 180° olur. Daha sonra en alt noktadan güney kutbuna yönelik olarak aşağıdan yukarıya doğru boylamlar 185° 'den başlayarak 5° arayla, 360° 'ye kadar yazılır⁴⁶. Böylece λ ve tamlayanı ($180 - \lambda$) açısına ilişkin yükselim ya da boylam daireleri elde edilmiş olur. Tamlayanı yerine taşımak için yayın CD eksenine göre $DF'C$ simetriğini almak ve boylam yaylarını elde etmek için de CD eksenini E merkezi etrafında $\varepsilon = 23,5^\circ$ kadar pozitif yönde çevirmek gerekir.

Bundan sonra burçlar kuşağı hattının iki tarafı, her bir burcun arası 3 bölüm ($3 \times 10^\circ = 30^\circ$ boylam derecesi) olacak şekilde, burçlara ayrılır ve her birine adları yazılır. Bunlar birbirleriyle burçlar kuşağını kesen boylam daireleriyle ilişkilidir. Oğlak Burcu burçlar kuşağının en üst noktasında başlar ve 30° 'de sona erer. Kova Burcu Oğlak Burcunun sonunda başlar 60° boylam dairesinde sona erer. Balık Burcu Kova Burcunun sonunda başlar E noktasında sona erer. Koç Burcu E noktasında başlar 120° 'de sona erer. Boğa Burcu Koç Burcunun sonunda başlar 150° 'de sona erer. İkizler Burcu Boğa Burcunun sonunda başlar burçlar kuşağının en alt noktasında sona erer. Yengeç Burcu İkizler Burcunun sonunda başlar Aslan Burcunun başında sona erer. Yengeç Burcunun ve takip eden burçların yazısı burçlar kuşağının güney yarısına yazılır. Aslan Burcunun başı Yengeç Burcunun sonu olup sonu da Boğa Burcunun başıdır. Başak Burcunun başı Aslan Burcunun sonu olup kendi sonu da E noktasıdır. Sonra gelen Terazi Burcunun başlangıcı E noktası, sonu da Akrep Burcunun başlangıcıdır. Akrep Burcunun başlangıcı Terazi Burcunun sonu, kendi sonu da Kova Burcunun başlangıcıdır. Yay Burcunun başlangıcı Akrep Burcunun sonu olup sonu da burçlar kuşağının en üst noktasıdır.

Sabit yıldız yerlerinin belirlenmesi: Eğer belirlenmek istenen yıldızın boylamı, enlemi ve ayrıca enlem yönü biliniyorsa burçlar kuşağında söz konusu boylam tespit edilir ve bu boylamı kesen enlem işaretlenir ve böylece bu işaretten geçen enlem belirlenmiş olur. Böylece kuzey enlemlerini kuzey boylamları güney boylamları da güney enlemleriyle buluşturulmuş olur. Bulunan nokta yıldızın merkezini temsil eder ki bu noktanın etrafına küçük bir daire çizilir ve yıldızın adı bulunduğu burcun adıyla yazılır. Eğer yıldızın öğle doğrusuna göre açılma mesafesi, yönü ve Oğlak Burcu başlangıcına göre doğuş zamanı biliniyorsa yıldızın yeri geçiş aralığında doğuş zamanı ve yönüne göre belirlenir. Belirlenen yörünge ve geçiş aralığı bu noktada buluşur. Bu nokta yıldızın merkezini temsil eder. Buraya küçük bir daire çizilir ve

46 Yer darlığı nedeniyle bu *ebcet* sayılarında sadece en düşük iki hane yazılır. Buna göre yukardan merkeze $[5^\circ-90^\circ]$, merkezdten aşağıya $[95-(1)80]$, aşağıdan merkeze $[(1)85-(2)70]$ ve merkezdten yukarıya $[(2)75-(3)60]$ şeklinde yazılır.

yıldızın adı yazılır. Eğer doğuş zamanı 180° 'den az ise yıldızın adı noktanın altına, daha fazlaysa üstüne yazılır. Yıldızın yükselimi ve bahar açısı biliniyorsa yeri bellidir. Çok açıktır ki yükselim ve bahar açısı belli olan bir yıldızın konumu tıpkı usturlapta olduğu gibi belirlenebilir. Bunu bilelim. Doğruya götüren Allah'tır. O bize yeter, o ne güzel dayanaktır. Bu da şeklidir (Şekil 12):



Şekil 12a ve 12b Zerkâliyye levhasının ön yüzünün çizimi.⁴⁷

47 Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi* (III. Ahmed), 12a; Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdi ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât*, Fransa Milli Kütüphanesi, no. 2508, vr. 60a.

Üçüncü kısım

Zerkâliyye levhasının diğer yüzündeki çizimlere ilişkindir

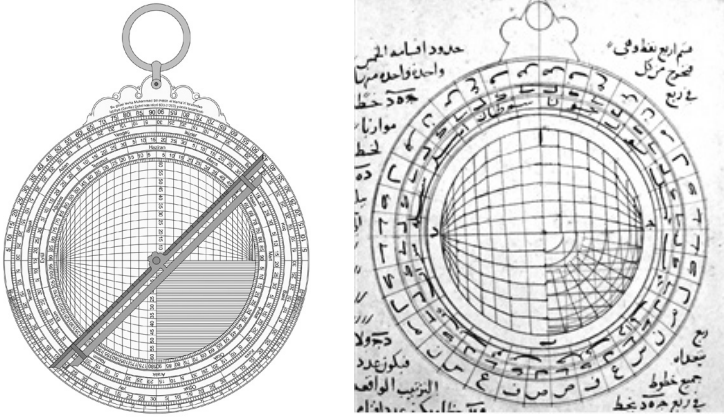
Bu yüzün ilk dış göstergesi yükseklik açısı ve bunlara ilişkin *tanjant* (gölge) değerleri bulunur. Bunun için aletin birinci yüzünde olduğu gibi merkezi üç daire çizilir. Askının altındaki ilk iki çeyreğe alışıldığı şekilde yükseklik açıları beşin katları cinsinden yazılır. Rakamlar askıdan geçen dik çaptan itibaren başlatılır. Geriye kalan iki çeyreğe ise parmak cinsinden tanjant ve bunun tersi kotanjant değerler yazılır. Bunların nasıl yazılacağı rubu tahtasından bilindiği için açıktır. Yükseklik ve tanjant dairelerinin gerisinde daha sonra açıklanacağı gibi güneş takvimi daireleri bulunur⁴⁸. Diğer yüzünde olduğu gibi burada da güneş takvimi daireleri beş ve beşin katlarına bölünür. Bu dairelerin en büyüğü güneş takvimi dairelerinin en küçüğüne çok yakındır. Bu dairelerin en küçüğü ise ortasında levha merkezi ve askıdan geçen çapın yer aldığı *ABCD* dairesidir. Levha askısına asıldığında *B* harfi plakaya bakanın solunda, *C* harfi askıdan geçen *AC* hattının en alt ucunda ve *D* harfi de levhaya bakan kişinin sağında *AC* çapına dik *CD* çapı üzerinde bulunur. Beşin katları *AD* ve *AB* çeyreğinde *D* ve *B* noktalarında başlar ve *A* noktasında $90^\circ (= SA)$ 'de sona erer⁴⁹. Benzer şekilde *DC* ve *BC* çeyreğinde *B* ve *D* noktalarında başlar *C* noktasında $90^\circ (= SA)$ 'de sona erer.

Sonra *AC* çapı 120 eşit kısma bölünür⁵⁰. Eğer belirtildiği gibi yapıldığında eksik kalırsa daha az veya daha çok taksimata geçilir. Her bir bölüm kendi içinde eşit

48 Şekil 13'te yükseklik yayından sonra yükseklik yayına bağlı bir burçlar kuşağı yayı bulunur.

49 Bu göstergenin bölünmesi çeşitli yazmalarda farklıdır. Buradaki anlatımda çizime sadık kalınmıştır.

50 *AC* çapı (*AE* + *EC*) yarıçaplarının toplamından oluşur. Her yarıçap 60 kısma bölündüğünden *AC* çapı 120 kısma bölünmüş olur. Burada ve bundan sonra anlatım kısmen metinde mevcut olan Şekil 13a ve 13b'deki çizime uygundur:



Şekil 13a Bir zerkâliyye levhasının arka yüzü / Şekil 13b Merrâküşî, *Câmi'u'l-mebâdî*, Oxford Üniversitesi, Bodleian Kütüphanesi, Or. Marsh Koleksiyonu 202, vr. 120a nüshası çizimi.

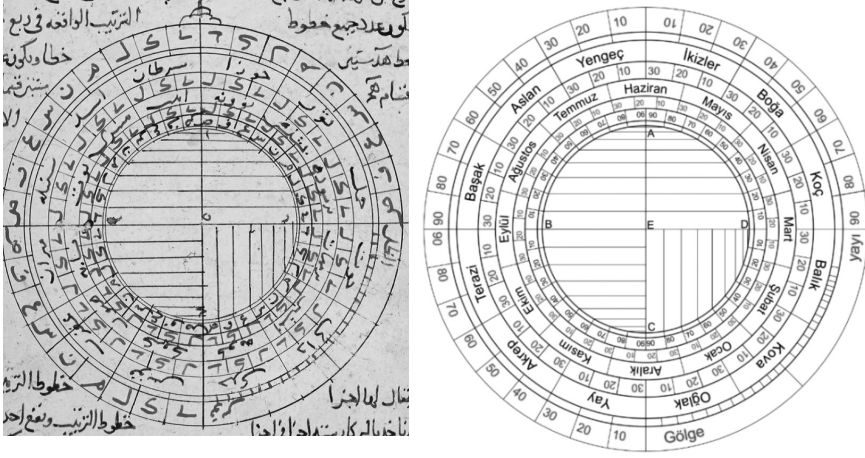
120 kısma bölünür. Plakanın AC çapı çoğunlukla ilkin 24 eşit kısma bölünür. Bu örnekte de 24 eşit kısma böldük. Bu bölümlerden her biri de 5'e bölündüğünde 120 kısım içerir ($24 \times 5 = 120$). Sonra ara çizgiler çizilir. Bunların her biri AC çapının iki tarafında merkezden eşit uzaklıktaki iki noktadan geçer. En büyük çap BD hattıdır. En kısasının yarısı da levha merkeziyle AC çapının iki ucundan birini oluşturur. Bu konu bundan önceki bölümün sekizinci kısmında ele alınmıştı.

En kısa ve en uzun yarıçapları bilinen bir levhanın ara çizgileri nasıl çizilir? Bu aleti icat edenin ifadesine göre ara çizgiler şöyle çizilir: En büyük çap bir daire çapıysa ve dairede de en kısa çapa paralel bir kiriş mevcutsa, bir daire yarıçapın en kısa yarıçapa oranı, yarı kirişin ara çizgiye oranı kadardır. (bir daire yarıçapının en kısa yarıçapa oranı, kirişin yarı kirişe oranı kadardır). Bunun kanıtı şudur: koniklerde AC çapına paralel çizgiler AC sayısı kadar bölündüğünde ve BD çapından sonra gelen çizgiler de birleştirildiğinde ara çizgilerin çizildiği dairenin yaklaşık çevresini oluşturur. Diğer noktaların çevresi de aynı şekilde birleştirilir. Sonra AC çapının paralel çizgilerinin her biri AC kısımlarının sayısına bölünürse ve BD çapından sonra gelen noktalar birleştirilirse yaklaşık olarak ara çizgilerinin çevresi olur. Bu işlem sona kadar sürdürülür. Bu söylenen şey son derece güzeldir⁵¹.

Sol yarı ABC dairesinde yukarda olduğu gibi AC çapına paralel olan çizgiler bulunur. Bu çizgiler E noktası ötesinde CD çeyreğinde bulunmaz. Bunlar AB çeyrek yayında 5'li derece taksimatı sonlarından çıkan ve AC çapına paralel olan kirişlerdir. Buna karşın AC çapına paralel sinüsler AD çeyreği sonundan çıkar. Bu sinüsler ED hattında biter ve onu geçmez. Bu hatların her biri AE gibidir. Çeyreğe ulaşıncı E noktasından geçen CD çizilir. Üst yarıda ihtiyaç duyulmadığından sıra çizgileri bulunmaz. EC bölümlerindeki her bir noktadan ED hattına paralel çizgiler çekilir. Bu çizgiler CD yayına gelir ve orayı aşmaz. Sonra EC hattının her bölümü eşit beş kısma bölünür. Her bölüme 4 nokta konur ki bunlar 5 bölümün sınırlarını teşkil eder. Bunların her birinden CE çeyreğinden DE çizgisine paralel birer hat çizilir. Bunlar da DC yayına ulaşır ve burayı aşmaz. CE çeyreğindeki sıra çizgilerinin sayısı 60 kadardır. EC kısımları da 60 kadardır. Bunlara da sıra çizgilerinin kısımları denir. Pergelle sıra çizgilerinden 6 tane (5°) alınır. Pergel kendi açısında kaldığında EC çizgisinde bu levhanın merkezine göre kendi kısımlarının 3 tanesine ($2,5^\circ$ 'ye) karşı düşer. Bunu merkez alarak diğer ucuyla bir daire çizeriz, sonra bunun merkezine biraz daha küçük bir daire çizeriz. En büyüğünün çevresini 24 eşit kısma böleriz. Bu EC çizgisinden başlar. Cetvelin bir ucu bu dairenin merkezine ve diğer ucu kendi

51 Burada $AE = R$ yarıçapının k kısma bölündüğünü varsayalım. Buna göre en küçük yarıçap $r = R/k$ olacaktır. Şu halde (Büyük daire çevresi)/(En küçük daire çevresi) = $2\pi R/2\pi r = R/r = k$ ilişkisi geçerlidir.

çevresindeki her bir kısmın üzerine konur ve her iki daireyi birleştiren bir çizgi çizilir ve onları aşmaz. Ondan sonra daha önce olduğu gibi, bu eğik çizgilerin her bir kısmına *E* noktasından askıya doğru çıkarak ve alta inerek merkezden uzaklığını 5'in katları cinsinden yazarız. Başarı Allah'tandır.



Şekil 14a ve 14b Zerkâliyye levhasının arka yüzü çizimi.⁵²

Dördüncü kısım

Alet cetvellerinin yapımı üzerinedir

Yükselim ölçümünün ve *güneş ayarının* (*tadili şems*) yapılacağı levha yüzeyinde iki adet cetvele ihtiyaç duyulur. Bunlardan biri *yükselim cetveli* olup bunun da işlevi daha önce belirtildiği gibi kullanım şekli açıktır. *AC* ve *DB* çaplarına denk gelmesi için bu cetvelin levhanın merkezinden geçmesi gerekir. Diğeri *güneş ayarı* cetveli ise latif bir cetvel olup özel bir amaca hizmet eder. Uzunluğu *AC* çapı kadardır. Yükselim cetveli levhaya uygun bir şekilde takılı olduğu sürece bu cetvelin de ona bağlı olması gerekir. Bu cetvelin birbirine paralel her iki uzun yanı merkezden geçen yükselim cetveline dik açıda olmalıdır. Yükselim cetvelinin bir ucu *AC* çapında her hangi bir noktaya getirildiğinde küçük cetvelin ucu de düzenleme çizgilerinin herhangi birine dik açıyla gelebilmelidir. Ayar sırasında dik açıdaki yükselim cetvelinin ucunu kesen kolun kıpırdatmaması için bu işlemin çok rahat bir şekilde gerçekleşmesi gerekir. *Ebcet* daire-siyle merkez arasındaki cetvelin iki ucu *EC* yarıçapında olduğu gibi bölümlendirilir⁵³. Bu bölümlere merkezden olan uzaklıkların yazılmasında bir sakınca yoktur.

52 Merrâküşî, *Câmi'ü'l-mebâdi* (III. Ahmed), vr. 14a; Merrâküşî, *Câmi'ü'l-mebâdi* (Fransa Milli Kütüphanesi), vr. 61a.

53 $180^\circ = (2 \times 90^\circ) = [2 \times (18 \times 5^\circ)]$ olduğundan *Şekil A-3'te* görüldüğü gibi cetvelin her kolunda 18 adet 5° 'lik taksimat bulunur.

Levhanın diğer yüzüne gelince: Burada, eksenin de gireceği bir ucunun da eksenin kalın tarafı ortasından geçeceği, ince bir cetvele ihtiyaç duyulur. Bu cetvelin uzunluğu da dört kutuptan geçen dairesinin çapı kadar ya da biraz daha büyük olmalıdır. Sonra her iki cetvel de levhanın her iki yüzüne, yay cetvel ve levhayı sıkıştırması için eksene yerleştirilir. Dört kutuptan geçen dairedeki cetvelin ucu ekvator ufkuna konur ve yörünge taksimatı ekvatora taşınır. Bu bölümlere merkezdeki uzaklıklar daha önce ekvator yörüngesinde olduğu gibi yazılır. Allah en iyi bilendir.

Beşinci kısım

Şekkâziyye levhasının konumu üzerinedir

Bu levhanın şekli Zerkâlîyye levhası gibidir. Özellikle bir yüzüne burçların üzerinden geçen enlem, boylam, yörüngeler ve ekvatora uyan dört kutup dairesi ve ılımlı dairesi çizilir. Levhanın bu yüzüne daha önce geçtiği gibi boylam hattının her iki yanına burçlar yazılır ve sabit yıldızlar kaydedilir. Bunların tümü Zerkâlîyye levhasında geçti. Daha önce olduğu gibi burada enlem ve boylam çizgileri dışında bir şey çizilmez. Bu yüze Zerkâlîyye levhasında olduğu gibi bir taksimatlı cetvel yapılır. Diğer yüzüne de yükselim dairesi çizilir ve dairenin içine de güneş takvimi, iki tanjant çeyreği ve sinüs dairesi çizilir. Bunun bir sakıncası yoktur. Bu yüze de bir yükseliş cetveli yapılır. Bunu bil.

V. Sonuç

İslam astronomisinin bir özgünlüğü olarak karşımıza çıkan her enlemde ölçüm yapmaya olanak tanınması nedeniyle evrensel olarak nitelendirilen *zerkâlîyye* aleti Zerkâlî tarafından on birinci yüzyılda Endülüs'te geliştirilmiştir. Ardından on üçüncü ve on dördüncü yüzyıllarda İslam coğrafyasının doğusuna bilginin taşınmasına bir örnek teşkil edecek şekilde Mısır'da yaşamış çağının önemli astronomlarından Merrâküşî'nin eserinde yer almıştır. Çalışmamız *mikât* ilmi sahasında ansiklopedik bir çalışma olarak kabul edilen Merrâküşî'nin *Câmi'u'l-mebâdi ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât* adlı eserinde yer alan *zerkâlîyye* aletinin yapım kılavuzunun tercümesini ve açıklamasını esas almıştır.

Çalışmada, Merrâküşî'nin elde ettiği bilgiyi aynen aktarmayı ve yaşadığı topluma uyarlayışı önemli bir nokta olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla beraber İslam coğrafyasının batısında üretilen bir bilginin İslam coğrafyasının doğusuna seyahati de bu bağlamda ele alınmıştır. Böylece bilginin dolaşımı konusuna da Zerkâlî ve Merrâküşî üzerinden getirilen bu örneklendirme ile önemli bir katkıda bulunulmuştur.

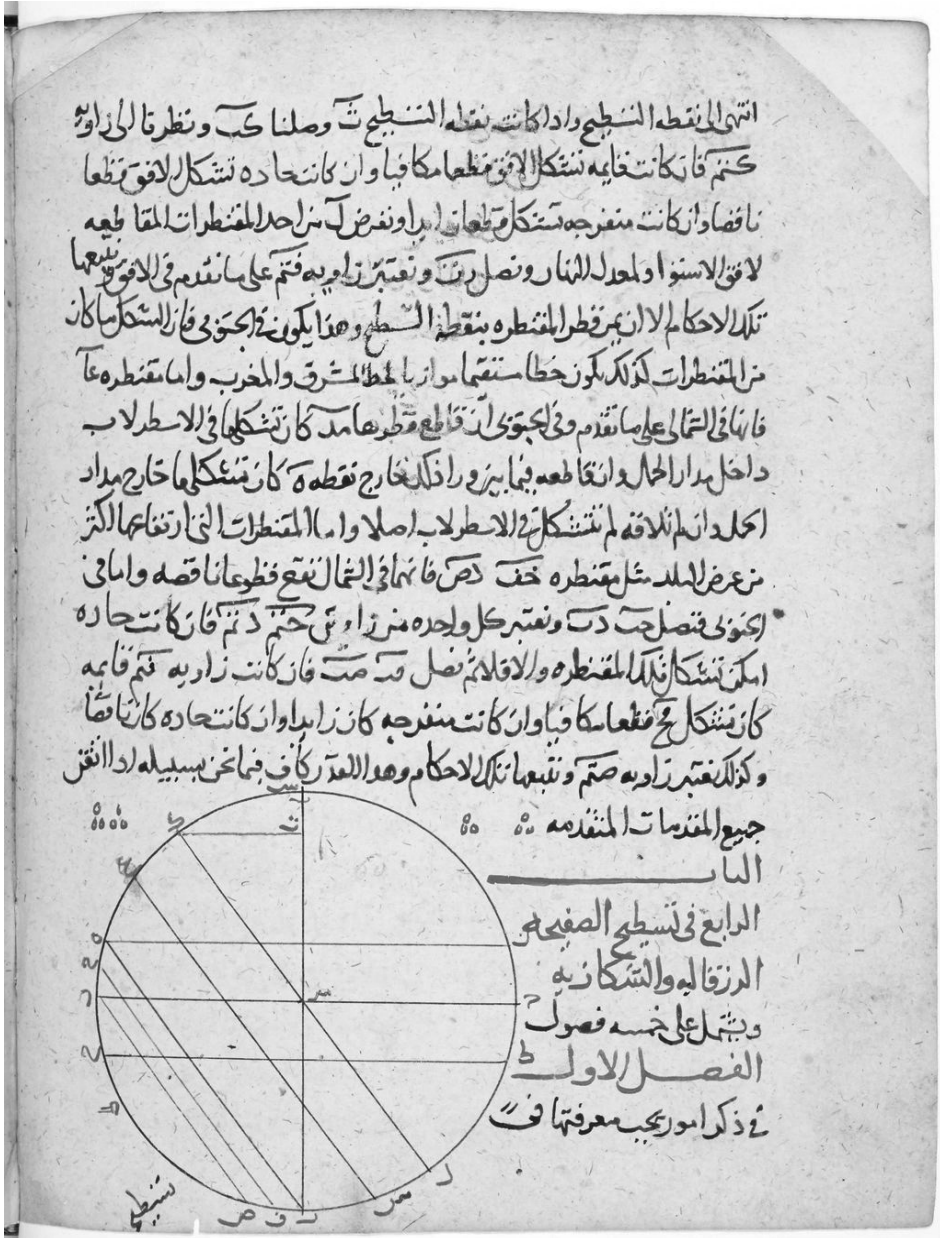
Bunun dışında çalışmada aletin kullanımına yer verilmediğini bu bilgilerin kullanım kılavuzu üzerine yapılacak yeni çalışmalarla ortaya konmayı beklediğini bildirmekte fayda var.

Kaynakça

- Alper, Ömer Mahir, "Merrâküşî, Hasan b. Ali", *DİA*, XXIX, 209.
- Arslan, Taha Yasin, "Merrâküşî". *İslam Düşünce Atlası*, ed. Halil İbrahim Üçer, 773-774, Konya: Büyükşehir Belediyesi Kültür A.Ş., 2017.
- Bir, Atilla ve Mustafa Kaçar, "Ottoman Engineer Mehmed Said Efendi and His Treatise on Vertical Sundial", *Multicultural Science in the Ottoman Empire*, ed. Emmanuel Poulle ve Robert Halleux, 91-105, Turnhout: Brepols Publishers, 2003.
- Bütün, Salih, "İslam Astronomisinde Kullanılan Zerkâliyye Adlı Aletin Yeri ve Önemi (Merrakuşi Örneği)", yüksek lisans tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, 2019.
- Charette, François, "Marrâkushi: Sharaf al-Din Abû 'Alî al-Hasan ibn 'Alî ibn 'Umar al-Marrâkushi", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey, 739-740, New York: Springer, 2007.
- _____, *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria: The Illustrated Treatise of Najm al-Din al-Misri*, Boston: Brill, 2003.
- Dizer, Muammer, "İbnü'z-Zerkâle", *DİA*, XXI, 243-245.
- <https://ismi.mpiwg-berlin.mpg.de/person/45772>, Islamic Scientific Manuscripts Initiative (ISMI) (13.02.2020)
- Kaya, Mahmut, "Sâid el-Endelüsî", *DİA*, XXXV, 556-557.
- King, David A. "The Astronomy of the Mamluks", *Isis* 74, no 4 (1983): 531-555.
- _____, "Universal Solution in Islamic Astronomy", *Astronomy in the Service of Islam*, 121-132, Aldershot: Variorum, 1983.
- _____, *In Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization II: Instruments of Mass Calculation*, Leiden: Brill, 2005.
- Kutuzov, B. V. *Geometri*, çev. Hüseyin Demir, I, İstanbul: Türk Matematik Derneği, 1968.
- Mercier, Raymond, "Jacob ben Makbir ibn Tibbon", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey, 538, New York: Springer, 2007.
- Merrâküşî, *Câmi'ü'l-mebâdî ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât*, Topkapı Sarayı Kütüphanesi, III. Ahmet 3343.
- _____, *Câmi'ü'l-mebâdî ve'l-gâyât fi ilmi'l-mikât*, Fransa Milli Kütüphanesi, no. 2508
- North, John D. *Cosmos: An Illustrated History of Astronomy and Cosmology*, Chicago: University of Chicago, 2008.
- Puig, Roser, "Zarqâli", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey, 1258-1260, New York: Springer, 2007.
- Richter-Bernburg, L. "Şâ'id al-Andalusî", *The Biographical Encyclopedia of Astronomers (BEA)*, ed. Thomas Hockey, 1005-1006, New York: Springer, 2007.
- Rosenfeld, B. A., Ekmeleddin İhsanoğlu. *Mathematicians, Astronomers & other Scholars of Islamic Civilisation and their Works (7th-19th c.)*. İstanbul: IRCICA, 2003.
- Samsó, Julio, *Islamic Astronomy and Medieval Spain I*, Londra: Variorum, 1994.
- Suter, Heinrich, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und Ihre Werke*, Amsterdam: Oriental Press, 1981.
- Turner, Anthony, Silke Ackermann ve Taha Yasin Arslan, *Mathematical Instruments in the Collections of the Bibliothèque Nationale de France*, BNF Editions, 2018.

Câmi'ü'l-mebâdî ve'l-gâyât'taki Zerkâliyye Yapım Kılavuzu

Tercüme ve yorumunu verdiğimiz yapım kısmını içeren bölümün nüshası aşağıda yer almaktadır.⁵⁴



54 Merrâküşî, Câmi'ü'l-mebâdî (Fransa Milli Kütüphanesi), 56a-61b.

٤٦

في سطح الصفيحة فاول ذلك نقطه هذا السطح هي احد قطبي الداييره الماره بالقطب
 الاربعة وسرخره هو القطب الاخر من قطبي هذه الداييره وادان مركز السطح
 ونقطته ما ذكر من البين ان السطح الذي تقع فيه هذا السطح هو من السطوح الموازيه
 للداييره الماره بالاقطاب الاربعة والايه الماره بالاقطاب الاربعة ترسم فيه داييره
 تامه مركزها مركز السطح واما الابعاد الاخرى للمنطقه البروج فان كل واحد منها
 يرسم فيه خطا مستقيما اما مركز السطح واما الدواير التي تمر بقطبي معدل النهار
 فان الماره منها بنقطه السطح ترسم فيه خطا مستقيما اما مركز السطح وقطبي
 معدل النهار وسائر هاترسم فيه دواير غير متساويه العظم وكلها تتقاطع على قطبي
 معدل النهار وسائر هاترسم على الخط المستقيم كما ذكرنا من معدل النهار واما
 الدواير الموازيه لمعدل النهار فانها كلها ترسم فيه دواير غير متساويه سرخرها
 كلها على الخط المستقيم كما ذكرنا من معدل النهار وقطبي معدل النهار وبنقطه
 السطح واما الدواير الماره بقطبي فلك البروج فان الماره منها بنقطه السطح
 ترسم فيه خطا مستقيما اما مركز السطح وسائر هاترسم فيه دواير غير متساويه
 العظم وكلها تتقاطع على قطبي فلك البروج وسائر هاترسم على الخط المستقيم كما ذكرنا
 من معدل النهار وبنقطه البروج واما الدواير الموازيه لمنطقه البروج فانها ترسم فيه
 دواير غير متساويه سرخرها كلها على الخط المستقيم كما ذكرنا من معدل النهار
 الماره بقطبي فلك البروج وبنقطه السطح **الفصل الثاني في عمل**
الصفيحة الرذقاله وكيف رسم ما يقع في احد وجهيها من الرسوم اما عملها فنحن
 صفيحه مدووقه صحيحه الاستدارة ذات سمك ينفذها عن الاعوجاج الابعسر
 وجعل طرفيها متساويين بالآخر وكل واحد منهما في نهايه الاستواء والملاسه
 ويجعل على محيطها سنانا لاجل العلاقه على مثلها عمل في الاسطرلاب ونجهد على

على ان تكون الصفحة ادا علقت بعلاقتها وارسلت اقول من وسط سمار العلاقة
او من وسط الحزم الذي يكون فيه من على مركز الصفحة فاد اقرعنا من ذلك الحد نالي
احلوجيهما فاد رنا فيه على مركزه سمكها وير ويجعل محيط العظم من هذه الثلث
قدومه حدا من محيط هذا الوجه ويجعل من محيط الوسطي وبين محيط العظمي قدر ما يصلح
لكنابه نضا عيف الحسات كحروف الجهد على الدور ويجعل من الصغرى وينزل الوسطي قدر
ما يصلح لعمل الارباح ونفر من الدايره الصغرى هي الدايره الماره بالاقطاب الاربعه
وتخرج في الدايره العظمي قطرين يتقاطعان على زوايا قائمه عند نقطه اعني المركز
ويجعل احدهما بحيث اذا اخرج على استقامه من مركز حزم سمار العلاقة فلان هذا
القطر خط مستقيم من بنقطه الشطيع اعني نقطه ويكون جاد ثامن دايره عظيمه
ماره بقطب الشطيع ومركزه ودايره الاعتدال دايره عظيمه ماره بقطب الشطيع
ومركزه فهذا القطر صالح لان يكون حدث عن دايره الاعتدال فنفرض الواقع
من هذا القطر الدايره الماره بالاقطاب اللدبقه مدار الاعتدال فيكون الواقع منها
من القطر الاخر هو كاد عن شطيع الدايره الماره بقطب العالم وبنقطه الشطيع
ونسبه اقوالا مستوا و طرفا خط الاستوا هما قطبا معول النهار فيجعل المثالي منها
هو الذي على سمار الناظر هذا الوجه من وجهي الصفحة ادا علقت بعلاقتها
ومن ليل ان هذين القطرين بينهما محيط الدايره العظمي ثاربعه اقسام متساويه
وكذلك كل واحد من محيطي الدايره الصغرى والوسطي فتعدل كل ربع من ارباع
الدايره العظمي ونسمه اقسام متساويه ونضع حرف المسطره على اوعلى تقايه
كل قسم من هذه الاقسام ونخط معه خطا فيما بين الدايره العظمي والصغرى ونقسم كل
ربع من ارباع الدايره الصغرى اقسام متساويه ونقسم كل قسم من هذه الاقسام
نحوه اقسام متساويه ليكون كل ربع من ارباع الدايره الصغرى مقسوما بتسعين قسما

دايره

مركز

متساويه

متساوية ويقع حرف المطرحة على نهايه كل قسم من هذه الاقسام وعلى نقطة
 وخط معه خطا فيما بين الدائره الصغرى والوسلى وتكتب على هذه الاجزاء عدداها
 على حارجى العاده وليكن ابتدا العدد في كل ربع من هذه الدوائر من مدار الاعتدال
 ونهايته عند اقتران الاستواء على ما تراه في الصورة وتقسم كل درجة من هذه الدوائر
 بما اسكن من الرقائق وناخذ من الربع الاعلى الجنوبي من ارباع الدائره الماره بالاقطار
 الاربعة فذو الميل الاعظم ونعلم حيث تنتهى علامه وتخرج من هذه العلامة قطرا في
 الدائره الصغرى وهذا القطر هو منطقه البروج وناخذ من الربع الاعلى الشمالى
 من ارباع الدائره الماره بالاقطار الاربعة فذو تمام الميل الاعظم ونعلم على نهايته
 علامه وهذه العلامة هي القطب الشمالى من قطب فلك البروج وتخرج من هذه العلامة
 قطرا في الدائره الماره بالاقطار الاربعة فتهايته في الربع الجنوبي من ارباع
 الدائره الماره بالاقطار الاربعة وهذا هو القطب الجنوبي من قطب فلك البروج
 ثم نضع الصفيحه على لوح من خشب على مستوى السطح ونثبتها عليه ونجعلها
 بحيث يكون سطح الاقطار الاربعة متصلا ببسيط اللوح على استواء وتخرج من
 مدار الاعتدال جهتي اب خطا اخر اخرجها بغير نهايه وكذلك منطقه البروج في
 جهتي حد وذلك الخط المتغير المار بقطب البروج في جهتي طى ونشرع بعد
 هذا في عمل المدارات والاطوال اعنى المدارات الدوائريه الموازيه لدائره
 الاعتدال وبالاطوال الدوائريه الموازيه لمنطقه البروج ومنطقه البروج نفسها
 تسمى هذه الاله خطا الطول فتقول من اجل ان المدارات لا بد وان تكون
 متفاضله في البعد من معدل الثمار والاطوال كذلك عن خط الطول وكان
 الاجود سراعا ان يتظام ان يجعل ما تتفاضل به المدارات على التوالى شيئا
 واحدا وكذلك ما تتفاضل به الاطوال على التوالى جعل العاصم لهذه الاله

ما تتما صلبه المدارات في البعد من معدل النار على التوالى في ادراج في ادراج
 وكذلك ما تتما صلبه الاطوال في البعد عن خط الطول على التوالى وانت بعد
 الاحاطه بكتيبه علمها ان ثبت جعلت التفاضل في البعد او اقل منه او اكثر
 ويبقى ان عمل في هذا المثال ما اختاره الواضع فنضع حرف المطره على اول
 الربع لكوني من ارباع الدايره الماره بالاقطاب الاربعه وهي نقطه السطح على
 نهايه 45° درجه من هذا الربع ونعلم حيث يتقاطع حرفها خط 45° علامه K ونضع
 حرف المطره ايضا على نقطه السطح وعلى نهايه 45° درجه من الربع لكوني
 الاسفل ونعلم حيث يتقاطع حرفها خط 45° ونضع على كل واحد من خطي
 هذه نقطه بعدها من البعد K منها وهي نقطه A من وتسمي K
 بنصفين ويجعل نقطه التصفير مركزا ونذكر عليه ببعد من قوس K ينتهي في
 اجهت من عند ايره الاقطاب وترك البركاه على تحتها ونضع احد طرفيه في نقطه
 M ويجعل حيث يبلغ طرفه الاخر من خط M من مركزا ونرسم قوسا يمر بنقطه M
 وينتهي في اجهت من الى دايره الاقطاب وترك البركاه على تحتها ونضع احد طرفيه
 على كل واحد من تقطعي R من ويجعل حيث يبلغ طرفه الاخر من خطي S
 من مركزا ونرسم على احدهما قوسا يمر بنقطه S وينتهي في اجهت من الى دايره
 الاقطاب وعلى الاخر قوسا يمر بنقطه T وينتهي في اجهت من عند دايره الاقطاب
 قوس L هو المدار لكوني الذي بعده عن مدار الاعتدال 45° درجه وقوس M
 هو المدار التام الذي بعده عن مدار الاعتدال 45° درجه وقوس N هو الطول
 التام الذي بعده عن خط الطول 45° درجه وقوس S هو الطول لكوني الذي
 بعده عن خط الطول 45° درجه وعلى هذا المثال يكون العمل في باقي المدارات
 والاطوال المتفاضله في ادراج في ادراج في كل واحد من الارباع الى ان ينتهي الى

ل

عند الاعتدال

مداره

8
دايره

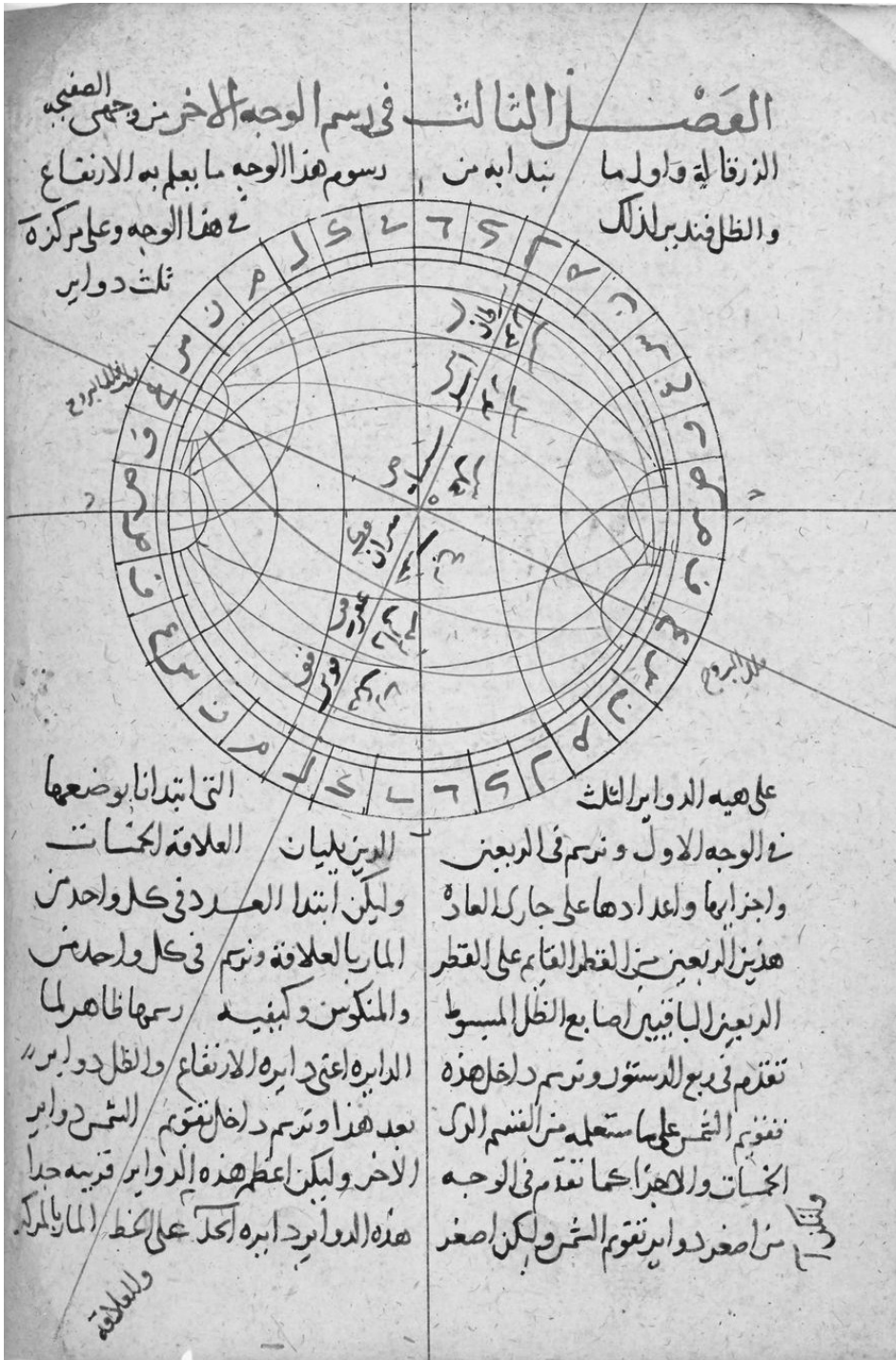
مداراً والى طول كوا من علامات صحه كل مدار ان يكون بينه وبين داييره الاعتدال
 في كل واحد من ربع الاقطاب مثل بعده عن الاعتدال وكذلك من علامات
 صحه كل طول ان يكون بينه وبين خط العول في كل واحد من ربع داييره الافتقار
 مثل بعده عن خط الطول وتكتب على كل طول من الاطوال الثمانية مبلغ بعده
 عن خط الطول مع قط نهر وعلى كل طول من الاطوال المكتوبه مبلغ بعده عن
 خط الطول مع خط هسس وكل واحد من قطبي البروج بعده عن خط الطول
 تعيين جزاء وتشرع بعد هذا في رسم المرات وللعرض اربع المرات الدوائر
 التي تمر بقطبي معدل النمار وبالعرض الدوائر التي تمر بقطبي البروج فان قول الواضع
 لله الا له جعل المرات تتفاضل في البعد عن داييره الاقطاب على التوالي
 كما ادراج في ادراج من احد اقطاب معدل النمار وحمل العرض تتفاضل في البعد
 عن داييره الاقطاب على التوالي كما ادراج في ادراج معدل النمار وانما
 بعد الاخطاه بكتيفه وضعها ان شئت جعلت التفاوت ذلك التفاوت بعينه
 او غيره لكن في هذا المثال يجوز على ما اختاره الواضع فنضع حرف المسطره على
 القطب الجنوبي من قطبي معدل النمار وعلى نهايه كوا اجزائ الربع الاعلى التمامي
 من ارباع داييره الاقطاب ونعلم حيث يقطع حرفها خطها علامه ع ونضعه
 ايضا على القطب المذكور وعلى نهايه كوا من الربع الجنوبي الاسفل
 من ارباع داييره الاقطاب ونعلم حيث يقطع خطها علامه ق ولن ثبت
 احدت من هاتين هاتين بنوعين كذلك نقطه ع لان كوا مثل عه وكذلك
 كوا مثل قه ثم نضع على كل واحد من خطوط نهر ه ه ه نقطه بعدها عن الهاء
 كبعد ع عن الهاء وهي نقطه صرقه ونقسم مع بصفتين ونجعل نقطه التنصيف
 مركزاً ونكدر عليه وتسمى بنقطه ع وينتهي في الجهتين عند قطبي معدل النمار

وترك البركار على فتحته ونضع احد طرفيه في نقطه α ونجعل حيث يبلغ طرفه الاخر
من خط α مركزا وندير عليه قوسا يمر بنقطه β وينتهي في γ ويجعل عند قطبي بعد
البنار وتركة على فتحته ايضا ونضع احد طرفيه على نقطه δ ونجعل حيث يبلغ طرفه
الاخر من خط δ مركزا وندير عليه قوسا يمر بنقطه ϵ وينتهي عند قطبي فكل البروج
وتركة ايضا على فتحته ونضع احد طرفيه على نقطه ζ ونجعل حيث يبلغ طرفه
الاخر من خط ζ مركزا وندير عليه قوسا يمر بنقطه η وينتهي في θ ويجعل عند
قطبي فكل البروج فكل واحد من هذه النسي يعرفها جايه الاقطاب α اجزا وكذلك
نضع في باقي هذه الدوائر الى تمام θ وتكتب ابعاد المرات عن النصف الاعلى من
دايره الاقطاب مع مدار الاعتدال في النصف الشمالي ويكون ابتدا العردين طرف
مدار الاعتدال الذي يلي العلاقة ويبلغ الى قف عند طرفه الاسفل ثم يرفع
بالعرض صاعدا نحو العلاقة في النصف الجنوبي مع مدار الاعتدال فيصلع α γ ϵ
عند α ويبلغ الى شمس عند الطرف الاعلى من مدار الاعتدال وهو حيث كان
ابتداه ثم تكتب ابعاد العروض عن النصف الاعلى من دايره الاقطاب مع خط
الطول الشمالي الذي بعده عن خط العوله α γ ϵ ويكون ابتدا العردين اصلا
ويبلغ الى قف عند طرفه الاسفل ثم يزايد العرض صاعدا مع الطول الجنوبي
الذي بعده عن خط العوله α γ ϵ η θ الى ان يبلغ شمس عند طرفه الاعلى وتكتب
بعدها اما البروج عن جنبي الطول فيما بين كل α γ ϵ η θ جزا فصلنا منه دوائر
العروض اما الجوك فاوله الطرف الاعلى من خط الطول واخره عند كثر دوائر
العروض وكما يتبع فيما يلي الشمال عن خط الطول واما الدوائر فاوله اخر الجوك
واخره عند سن من دوائر العروض واما الجوك فاوله اخر الدوائر واخره عند α
واما الحمل فاوله عند α واخره عند θ من دوائر العروض واما الثور فاوله

رسم

اخرا

اول الكمل واخره عند نهايه θ آسن دو اير العروص واما الجوزا فاولها اخر
 الثور واخرها عند الطرف الاسفل من خط الطول ثم السرطان اوله اخر الجوزا
 واخره اول الجوزا وكتابتة تقع في النصف الجنوبي من خط الطول اوله اخر السرطان
 واخره اول الثور ثم السبايه اولها اخر الاسد واخرها عند θ ثم الميزان اوله
 عند θ واخره عند اول الكوت ثم العقرب اولها اخر الميزان واخرها اول اللدو
 ثم القوس اوله اخر العقرب واخره الطرف الاعلى من خط الطول ثم سترع بعد
 هذا في رسم الكواكب الثابته فنعد الى الكواكب التي نريد رسمه فان كان معلوم الطول
 في الزمان الذي عملت فيه الصفحه وكان عرضه معلوما وجهه عرضه كذلك علمنا في
 خط الطول اعلاسه على مثل طوله من برجه وخططنا ما يمين يده العلامة من العروص
 ودخلنا عرضه في الاطوال الاتماليه ان كان عرضه تماما وفي الاطوال الجويه
 ان كان عرضه جتويا فبحث النقي الطول الذي انتمينا اليه مع العرض الذي حفظناه
 فتمت اركز الكوكب فترسم عليه اصغره ايره يمكنكنا وتكتب اسم الكوكب هناك وعاش
 اسمه في الكتابه كما به البرج الذي اوله فيه وان كان معلوم البعد ووجهه عن بعد
 النوار ومعلوم المطالع من اول الجوزا وجز المر دخلنا بمطالعه في المرات
 ويعد في المرات في وجهه التي هو فيها فبحث النقا المدار الذي انتمينا اليه
 مع المر الذي انتمينا اليه فتم اركز الكوكب في مدار عليه ايره صغيره وتكتب عندها
 اسمه فان كانت مطالعه اقل من ثقب فكتب اسمه ها بها ولذ كانت اكثر فكتب
 اسمه ما عدا وان كان معلوم الطول والبعد فترسم بين وكذا كد رسمه من قبل البعد
 والعرض وباقي الوجوه المذكوره في الاسطرلاب في رسم الكواكب الثابته في هذا
 وذلك بين فلنعلم ذلك والله الموفق للصواب وهو حسبي ونعم الوكيل
 وهذه صورتها في الوجه الثاني من هذه القاييم

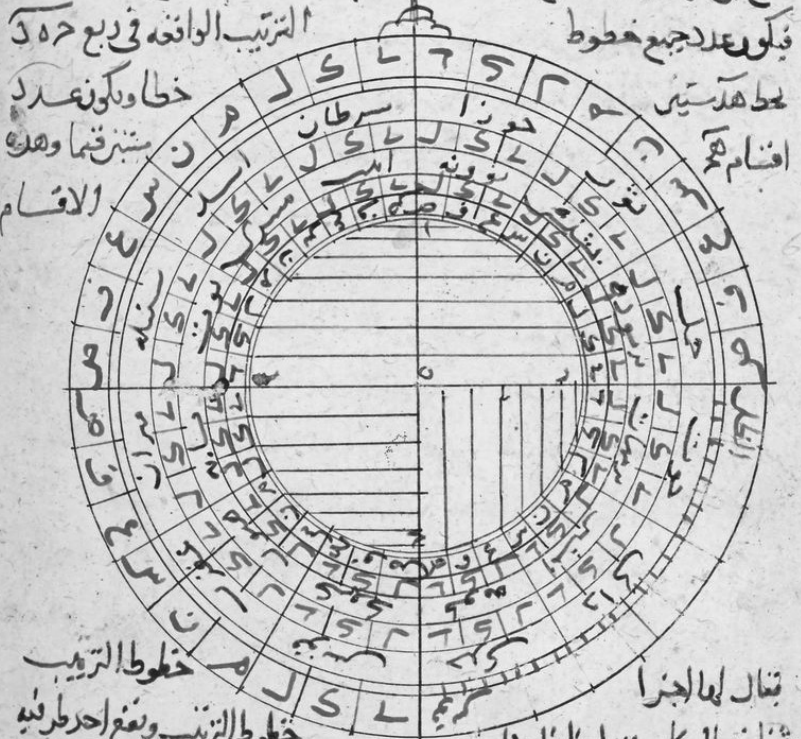


والعلاقة وتسمى على مثال الناظر في هذا الوجه من الصفيحة اذا اعلقت من الاضراس و
اسفل الفطر المار بالعلاقة ودعى على القطر القائم على فطر ام مما يلي بمن الناظر وان بدا
نضعيف الحسات من اوتنتي الحس عندك وتنتهي الى قف عندك وابتدا نضعيف
الحسات من ربع دم من ذ وتبلغ ص عندك ثم تقسم فطر ام فكا حرا منسا وبه
فان لم تنات فتمته بما ذكرنا المقوره فتمناه باجل من ذلك وحسبنا كل قسم بما
يتضمنه من احر المايه عشرين فتمنا منسا وبه فيجوز على ما هو الاكثر ونقسمه في هذا
المثال عشرين فتمنا منسا وبه فكل قسم من هذه الاقسام يتضمن من احر المايه عشرين
او اجزا ثم نرم خطوط وقطوع ناقصه كل واحد منها يمر بنقطتين من النقط التي تحدا قسم
فطر ام منسا وبني البعد عن المركز فطر كل واحد منها الا عظم خط يد ونصف الاقصر ما
بين مركز الصفيحة وبين احدى النقطتين التي يمر عليهما من اقسام فطر ام وقد تقدم في
الفضل ان من الباب الذي قبل هذا كيف خط القطع الناظر اذا كان كل واحد من قطريه
الاطول والاقصر معلومين قالوا وضع لهدره اللاله وما تخط به القطع ناقص
انه اذا كان قطره الاعظم قطره ايره وكان في الداييره ونزموالقطره الاقصر فان
نسبه نصف القطر الاقصر الى نصف قطر تلك الداييره كنسبه نصف ما وقع من الوتر
في الوقع الى نصف ذلك الوتر وبه ان هذا في المحر وطا فاد اقم كل واحد من الخطوط
الموازيه لفطر ام بعده اقسام ام ووصل بين النقط التي على فطر ام كان ذلك الخط
الموازي محيط قطع ناقصا المتوسم فضع كذلك النقط التي على ذلك المولف فيكون
المجموع من ذلك ايضا محيط قطع ناقص اخر وهذا ان يتم جميع النقط المرته هذا الترتيب
وهذا الذي قاله في غاية الحسن ومراد الواضع بالخطوط الموازيه لفطر ام التي قسمتها
ممثل اقسام ام هي الاوتار الموازيه لفطر ام الخارجه من نهايات الحسات من ربع ام
واجب الموازيه لفطر ام الخارجه من نهايات ربع ام وهذه الوجوه تنتهي الى خط هـ

في ربع او عند نقطه
واسماء النقط كيف في
النصف الايمن او اليسرى

وفي الصياح المقرون
قطر اعطى الاكبر شعاعا وعشرين

والتعداد لكن هذه اجيوب كل واحد منها يقسم بمثل اقسامه ثم يبرم في ربع حده
خطوط الترتيب المنقعه ولكن هذا الربع خاليا عن خطوط القطوع انما تصه للمذكوره
لان الواضع منها في هذا الربع لا حاجه اليه وذلك بان يخرج فيه من كل نقطه من نقط
اقسامه من خط مواز بالخط هـ يتبلغ الى قوس حـ ولا تتعداه ثم تقسم كل قسم من
اقسامه ثم ينجمه اقسامه بنسبه و به فيحصل على اقسامه نقطه في حدود اقسامه الخمس
فخرج من كل واحد منها في ربع حـ من خط مواز بالخط دـه يتبلغ الى ربع دـه ولا يتعداه
فيكون عدد جميع خطوط



يقال لها اجزا
ثم ناخذها البركار سنه اجزا في اجزا
وهو باق على فتحته في خط هـ على بعد سـ اجزا من اجزا به من المركز اعرض مركز الصفي
ونجعله مركزا ونرسم عليه بالطرف الاخر دائره ثم نخط على مركزها دائره اصغر منها فليلا
وتقسم

119
61

وتقسم محيط العظمي على ٣ قسمين متساويين وانبت القنبره من خط هم وتضع حرف
المسطره على مركز هذه الدايره وعلى نهايه قسم قسم من محيطها ونخط معه خط يصل
بين محيط الدايره وبين ولا يتعداهما ثم نكتب مع قطر احم على ك او احد من الخطوط المتجهه
بعده عن نقطه قاصدا نحو العلاقه وهابط نحو اسفل الصفيحه وصورتها قد تقدمت
في الصفيحه التي قبل هذه فلتعلم ذلك والله الموفق **الفصل الرابع في**
عمل عضايد هذه الاله اما الوجه الذي فيه دايره الارتفاع ودايره تعديل
الشر فيحتاج الى عضادتين احدها عضاده الارتفاع وعلمها ظاهر لما تقدمت من محتاج
الى ان يكون حرف من حرف هذه العضاده يمر على مركز الصفيحه لئلا ينبتنا ان نطبقه على
الخط اردنا من خط احم ح د والعضاده الاخرى عضاده لطيفه وعاريه من
الهور ولولها مثل قطر احم وتحتاج في هذه العضاده ان تكون لازمه لعضاده
الارتفاع ما دامت عضاده الارتفاع مركبه على الصفيحه التركيبه اللابق بها
وان يكون كل واحد من حرفيها المتوازنين يقطع احم واما مركز الصفيحه
من حرف وعضاده الارتفاع على زوايا قائمه ولازمه لها لئلا ينبتنا ادا وضعنا
حرف والعضاده التي الارتفاع على قطر احم ان ينطبق حرف والعضاده الصغيره
على الخطين من خطوط الترتيب وان تكون حركتها حركه سلسه غير متغيره
لها عن الوضع الذي به تقطع حرف عضاده الارتفاع على زوايا قائمه وان تقسم
الواقع من حرف في هذه العضاده بين المركز وبين دايره احم كما قسم هم وكتب
على هذه الاقسام ابعادها من المركز فلا باس واما الوجه الاخر
فيحتاج الى عضاده رقيقه لاهدوف لها مدخل فيها المحور وهو حرف فيها يوسط
غلط المحور وطولها مثل قطر دايره الاقطاب الاربع او اعظم قليلا ثم تترك
هذه العضاده على الصفيحه على هذا الوجه وتتركب عضاده الارتفاع على الوجه الاخر

منه

الطولين

وتنظم العضا ديتير على الصفيحه ثم نضع حرف العصاره التي على داييره الاقطاب
 الاربعه على افق الاستواء ونقل اليه اقسام افق الاستواء التي قسمته بها المدارات
 ونكتب على هذه الاقسام في العصاره ابعادها عن المركز على هيئه ومثال ما كتبنا على ابعاد
 المدارات عن مدار الاستواء له الموفق **الفصل الخامس في وضع الصفيحه**
المستكافيه هذه الصفيحه شكلها كشكل الزرقاله فترسم في احد وجهيها داييره
 الاقطاب الاربعه ومدار الاعتدال وافق الاستواء والمدارات والمرتبات وخط
 الطول وقسي العروض المار بها واول البروج خاصه ونكتب فيها البروج عن جنبتي خط
 الطول على ما تقدم ونرسم فيها الكواكب الثابته وهذا كله قد تقدم في الزرقاله ولا نرسم
 فيها من اطوال شئ غير خط الطول ولا من العروض شئ الا كما ذكرنا ونعمل لهذا الوجه
 عصاره كالتي عملت في الصفيحه الزرقاله ونقسم حرفها على ما تقدم ونرسم في وجهها
 الاخر داييره الارتفاع ودخل داييره الارتفاع داييره تقويم الشمس ولا نرسم فيها شئ
 مما رسم في الزرقاله داخل تقويم الشمس ونعمل لهذا الوجه داييره الارتفاع خاصه
 وان عمل داخل دواير تقويم الشمس مع الظل من الجيوب فلا بأس به وهو لكل اللاله
الماب الخامس في عمل الاسطرلاب الخيطي وهو المعروف
 ايضا بعص الطوس ويشتمل على سبعة فصول **الفصل الاول** في مرتبه هذا
 الاسطرلاب وما وقع فيه من الرسوم على اصل السيطح من الناس من جعل هذا الاسطرلاب
 في رتبه الاسطرلاب السطحي الجبوني والثمالي وهو غلط بل هو ناقص عنهما نقصانا
 كثيرا وسيفين ذلك في بيئته العليه ان الله تعالى واما ما وقع فيه من الرسوم
 على اصل السيطح فسي بيرو وهو الفصل المشترك بين داييره نصف النهار وخط السيطح
 والنقط الحاديه عن هذا الخط من تقاطعه مع دواير المنطرات ومن تقاطعه مع
 داييره الاعتدال والواير الموازيه لها خاصه وليس يمكن ان ترسم فيه منطقه البروج

مدخل
مصاديق
ص

الشمس خطه

عصاره

لخطها داييره

