

İslam Dünyasında Astronomi

Kısa sürede geniş bir coğrafyaya yayılan İslamiyet, daha önce gelmiş olan dinlerin yayıldığı toprakları da kapsayınca, oralandaki inanç ve düşünce sistemlerine karşı kendini savunma gereksinimi duydu ve bu gereksinim sonucunda İslam felsefesi doğdu. İnancın savunulmasında felsefeye başvuran entelektüellerin buralarda karşılaştıkları sadece farklı inanç sistemleri değildi. Aynı zamanda gelişmiş bilimsel etkinlikler de vardı ve bunla-

rı kavramak ve bilim alanında da üstünlük sağlamak için bilime gereksinim olduğu açıktı. Bu gerçeği entelektüeller kadar yöneticilerin de kavraması ise bilim açısından gerçek bir şans oldu. Böylece bilge ve bağınaz olmayan yöneticilerin en başından itibaren bilime karşı oluşturduğu engin hoşgörülle İslam dünyası bir bilim ve kültür sahasına dönüştü. Bu dönüşümden beslenen disiplinlerden biri de astronomidir.



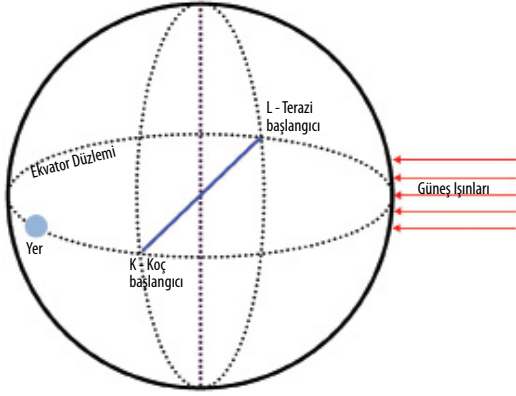
Astronominin Gelişmesi

Astronomi bir doğa bilimidir ve doğal olayların anlaşılması ve açıklanması için temel bir işlevi yerine getirir. Doğada meydana gelen olayların, aynı zamanda gökyüzüyle de ilişkili olduğu belirleniminden hareketle, astronomi yeryüzünden başlayarak gerçekleştirdiği gözlem çalışmaları sonucu insanlığın çözümsüz kalmış pek çok sorununa yanıt bulmuştur. İslam dünyasındaki bu saf bilimsel kaygı aynı zamanda İslamiyet'in getirdiği başta ibadet saatlerinin belirlenmesi olmak üzere, takvim düzenlemeleri, ramazanın başlangıcının ve kiblenin tayini

vb. pratik sorunların aşılması çabalarıyla da beslenince, astronominin gelişimi diğer disiplinlere göre daha hızlı oldu. Çünkü bu sorunların doğru çözümüne ancak astronomi bilgisiyle ulaşmak olanaklıdır. Dolayısıyla bu dönemde matematik gibi, astronomi de sadece olgu bilgisinin kazanılması, doğal değişimlerin kavranması ve anlamlandırılması açısından değil, aynı zamanda dinin pek çok probleminin çözümünde görev aldığı için de hayli önemli bir disiplin kimliğindeydi.

Muvakkitlik ve Mikat Çalışmaları

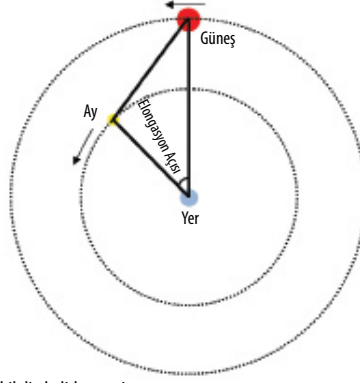
Yukarıda değinildiği üzere, İslamiyet'in kısa zamanda çok geniş bir bölgeye yayılması sonucu merkezden çok uzakta ve farklı coğrafi bölgelerde yaşayan Müslüman bir nüfus oluştu ve dini görevleri yerine getirebilmek için astronomi bilgisine ihtiyaç olduğu açıkça duyumsanmaya başlandı. Örneğin 13. yüzyılda yaşamış ünlü gezgin İbn Batuta, Orta Asya'dan gelen bir Türk'ün memleketinde altı ay gündüz, altı ay gece olduğunu Gazneli Mahmud'a (971-1030) söylediğinde sultanın kendisine kızdığını, hatta dini karıştıracılardan olduğunu zannederek cezalandırmak istediğini, fakat ünlü bilgin Birûnî'nin (973-1048) Türk'ü doğrulaması sonucu tutumunu değiştirdiğini anlatır. Bu söylenece din açısından halledilmesi gereken birçok problem olduğunu gösteriyor. Bu tür sorunları çözebilmek için gerekli bilgileri içeren bir astronomi dalı olan mikat doğdu. Astronominin bu dalında çalışanlara da muvakkit denir.



Gece ve Gündüzün oluşumu

21 Mart (K) ve 22 Eylül'de (L) Güneş'in yükselme açısı 0'dır, yani ışınlar ekvatora paralel gelir ve aydınlık çemberi kutuplardan geçer. Bu durumda Yer'in her yerinde gece ve gündüz eşittir. 21 Mart'tan sonra Güneş'in yükselme açısı artar ve kuzey yarıkürede gündüzlere uzamaya, geceler kısalmaya başlar. 22 Haziran'da ise Güneş'in yükselme açısı 23 derece 27 dakikadır ve kuzey yarıkürede gündüz en uzun, gece en kısadır. Güneş ışınları kuzey yarıküreye 23 derece 27 dakikalık bir açıyla geldiğinde gece ile gündüz eşitliği biter. 22 Aralık'ta yani koş dönencesinde Güneş'in yükselme açısı 23 derece 27 dakikadır. Bu aslında yükselme değil ekvator'dan o kadarlık bir alçalmadır. Bu durumda kuzey yarıkürede gece en uzun, gündüz en kısa olur.

İslam dünyasında takvim Ay'ın hareketlerine dayanılarak hazırlanmıştı. Ay'ın periyodik hareketi, Ay'ın yörüngesi ile tutulma düzleminin kesiştiği noktalar arasındadır ve Ay'ın bu dolanımı 29,5 gün sürer. Buna göre bir Ay yılı $29,5 \times 12 = 354$ gün eder. Güneş yılına göre arada $365 - 354 = 11$ günlük bir fark vardır.



İlk hilalin belirlenmesi

Dini günler için Ay takvimi kullanılabilse bile -ki bugün de kullanılmaktadır- örneğin tarımcılık açısından bu uygun değildir. Çünkü Ay takviminde 3 yılda 33 günlük bir fark oluşur, bu durum da örneğin hasat zamanını değiştirir. Dolayısıyla takvim ayarlamasına gereksinim doğar.

Benzer şekilde namaz vakitlerinin belirlenmesi de gerekmektedir. Örneğin Erzurum ve Ankara arasında 12 derecelik boylam farkı vardır ve Güneş 1 dereceyi 4 dakikada aldığından, iki şehir arasında 48 dakikada olacaktır. Bu da Güneş'in Erzurum'da Ankara'dan 48 dakika önce doğacağı anlamına gelir ki daha geniş bir coğrafyada durumun ne denli önemli olduğu buradan anlaşılabilir.

Muvakkitlerin çalıştığı bir diğer konu da ilk hilalin belirlenmesidir. Yapılan takvimler arasındaki zaman aralığına dayanıyordu. Bu süre Ay ile Güneş'in birbirlerine göre yaptıkları hareketin periyoduna yani Ay'ın, Güneş ile tekrar aynı görelî duruma dönmeye bağlıdır. Yaklaşık 30 günde Ay, Güneş'e göre 360 derecelik bir açı mesafesi kat eder. Şu halde Güneş ile Ay arasındaki açının bir gün içinde gösterdiği ortalama artma miktarı 12 derecedir. Güneş ile Ay arasındaki bu açığa *elongasyon* (uzanım) açısı denir. Bu açı sabit olmadığından Güneş ile Ay'ın görelî konumlarını kesin olarak hesaplamak ve söz konusu periyodu belirlemek kolay değildir. Bunun yapılabilmesi için Güneş'in ve Ay'ın hareketlerindeki hız değişimlerinin bilinmesi ve düzensizliklerin hesaba katılması gerekir. Bu da yeterli olmayabilir. Çünkü yeni hilalin görölme zamanında tutulma düzleminin ufukla yaptığı 23 derece 27 dakikalık açının, ilgili bölgenin coğrafi enleminin ve ayrıca Ay'ın kendi yörüngesindeki düğüm noktalarına olan mesafenin, yani astronomik enlemin de etkisi vardır. Öyleyse bir muvakkitin ilk hilalin görünme zamanını belirleyebilmesi için:

1. Ay'ın ve Güneş'in periyotlarını
2. İki gök cisminin yörünge hareketleri boyunca hız değişimlerini
3. Bulunulan yerin coğrafi enlemini
4. Mevsimlere göre Güneş'in o yerin ufuk düzlemi ile yaptığı açığı
5. Eliptik düzlem ile Ay'ın yörünge düzleminin yaptığı açığı bilmesi gerekir.

Muvakkitler kiblenin nasıl belirleneceği konusunda da çalışmıştır. Kible Mekke kabul edildikten sonra, her bölgenin Mekke'ye göre konumu değişik olacağından, her bölge için kible yönünün belirlenmesi gerekmiştir. Bu da yine enlem ve boylamın bilinmesini gerektirmektedir. Enlemi belirlemek kolaydı ve Kutup Yıldızı'na bakmak yeterliydi. Ancak boylam tespiti hayli zordu, bunun için şöyle bir düşünce geliştirilmişti: Dünya üzerinde Ay veya Güneş tutulmasının aynı anda gözlemlenebileceği iki yeri belirlemek, bu tutulmanın zamanını kaydetmek ve iki yerde elde edilen sonuçları karşılaştırmak.

Dinin gereksinimlerini karşılamaya yönelik olsa da, bu çalışmaların ciddi bir astronomi bilgisi gerektirdiği ve bu yoldan İslam dünyasındaki astronomi çalışmalarına katkı yapıldığı açık olmakla birlikte, muvakkitlerin gereksinim duyduğu bilgilerin Ay'ın ve Güneş'in hareketlerinin gözlemlenmesiyle giderilebileceği anlaşılıyor. O zaman astronominin gezegen hareketleri, evrenin yapısı vb. alanlarında elde edilen başarıları sadece bu çalışmalara bağlamak olanaklı olmaz. Bu konuyu aydınlatmak için ise zic hazırlama geleneğini ve gözlemlerinin kuruluş nedenlerini incelemek gerekir.



Meraga Gözlemevi

Çok sonra Avrupa'da Tycho Brahe'nin (1546-1601) kurduğu Uranibourg Gözlemevi'yle kıyaslanacak ölçüde mükemmel bir binası ve gözlem araçları olan bu gözlemevi, masraflarını karşılamak üzere vakıfla desteklenmiş ilk gözlemevi olma özelliğini de taşımaktadır. Bir diğer özelliği de salt gözlem yapılmayan aynı zamanda eğitim de verilen bir kurum olmasıdır. Vakıf tarafından desteklenmesi nedeniyle hükümdar öldükten sonra da faaliyetine devam edebilmiştir. Ayrıca yaklaşık 400.000 ciltlik bir kütüphanesi de olan Meraga Gözlemevi, gözlemlerinin gelişim sürecinde yetkinleşmenin örneğidir.



Gözlemelerin Kurulması

Gözlemelerin kuruluş gerekçeleri arasında zic hazırlama, gök cisimlerinin hareketlerini gözleme ve her şeyden önce bilme merakı vardır. Bunlardan özellikle gök cisimlerinin hareketleri hakkında bilgilenme arzusu, astronomi çalışmalarının büyük kısmını oluşturur. Bu konuda sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için de gözlem araçlarının niteliği belirleyici rol oynar. Gözlem araçları genellikle iki gök cisimi arasındaki açıyı ölçmeye yöneliktir, güvenilir sonuç almak için de açı büyüdükçe araçlar da büyütülmüştür. Devasa büyüklüklere ulaşan aletlerin taşınması mümkün olmadığı için genellikle çevreyi rahat gören yüksek tepelere gözlemleri kurulmuş, sonuçta yerleşik bir düzene geçilmiştir.

Bilindiği üzere, teleskopun gökyüzü gözlemlerinde kullanıldığı döneme kadar, temel amacı astronomi alanında bilimsel araştırmalar yapmak olan ve bu amaçla gereksinim duyulan araç ve gereçleri barındıran gözlemleriyle ilk kez İslam dünyasında karşılaşılıyor. Tarihte ilk gözlemevini kuran Abbâsî halifesi Memûn'dur. Memûn (dönemi 813-833) biri Bağdat'ta Şemmâsiye, diğeri ise Şam'da Kâsîyûn Gözlemevi olmak üzere iki gözlemevi kurmuştur. Memûn'un Bağdat'ta kurduğu Şemmâsiye Gözlemevi'nde, Yahya İbn Ebû Mansûr tarafından 828 yılında iki dönence gözlemi yapılmıştır. Bu gözlemlere matematikçi ve astronom olarak Hârezmî de katılmıştır. Bir yıl sonra, 829'da iki dönence gözlemi daha yapılmış, bu gözlemlerden 828 yılında yapılanın kusurlu olduğu anlaşılınca,

sonuçlar resmen geçersiz sayılmıştır. Memûn bundan sonra Şam'da Kâsîyûn Gözlemevi'ni mümkün olan en iyi aletleri hazırlatarak kurdu muştur.

Böyle bir kurumun oluşturulması için burada bilimsel çalışmalar yapacak bilim insanlarının toplanması, araçları yapacak mühendislerin çalıştırılması ve bunlar arasında işbirliğini ve uyumu sağlayacak bir yöneticinin bulunması ve ayrıca gözlemevinin yan kuruluşlarıyla özel bir mülke sahip olması gerekir. Bütün bu özellikleriyle modern anlamda ilk gözlemleri Şemmâsiye ve Kâsîyûn'dur.

İslam dünyasındaki üçüncü gözlemevi Selçuklu hükümdarı Melikşah (dönemi 1072-1092) tarafından İsfahan'da 1024-1025 tarihlerinde kurulmuştur. Ünlü matematikçi, astronom ve şair Ömer Hayyam da (1048-1131) burada çalışmıştır.

Beşinci gözlemevi kurma girişimi Selçuklu vezirlerince 1120-1125 tarihleri arasında Kahire'de yapılmış ancak başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

Altıncı gözlemevi Hülagu Han (1217-1265) tarafından İslam dünyasında yetişen en büyük astronom olan Nasirüddîn-i Tûsî'ye (1201-1274) 1260 yılında kurulan Meraga Gözlemevi'dir.

Yedinci gözlemevi Gazan Han'ın (dönemi 1295-1304) Tebriz'de kurduğu Tebriz Gözlemevi'dir. Sekizinci gözlemevi Uluğ Bey'in (1393-1449) 1420'de kurduğu Semerkand Gözlemevi'dir.

İslam dünyasında kurulan son gözlemevi Osmanlı sultanı III. Murat'ın (1546-1595) 1575-1577 yılları arasında ünlü astronom ve optikçi Takîyüddîn'e (1521-1585) kurduğu İstanbul Gözlemevi'dir.



Semerkand Gözlemevi

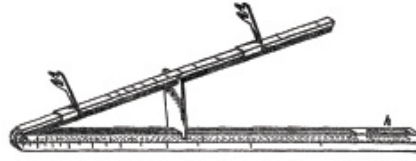
Uluğ Bey sadece bir yönetici değil, aynı zamanda yetkin bir bilim insanıydı. Kurduğu gözlemevinde kendisinden başka dönemin seçkin bilim insanlarından Kadızâde-i Rûmî ve Ali Kuşçu da çalışıyordu. Burada yapılan gözlemlerin sonuçlarını içeren ve *Uluğ Bey Zîc'i* olarak adlandırılan eser uzun yıllar Avrupa'da temel kaynak olarak üniversitelerde kullanılmıştır.

Gözlem Araçları

Etkisi günümüze kadar uzanan İslam dünyasındaki astronomi çalışmaları gözlemevlerinin yaygınlaşmasıyla ileri bir düzeye taşındı ve çok sayıda gözlem aracının yapılmasıyla sonuçlandı. Günümüzün teleskopları diyebileceğimiz bu araçlar o dönem için gökyüzü hakkında daha çok ve doğru bilgilenmeyi sağlıyordu. Geleneksel araçlara yenilerini ekleyen astronomların o dönemde en gözde araçlarının başında kadranslar gelmekteydi. Müslüman astronomlar on sekiz çeşit taşınabilir kadrans geliştirdi. Tarihe geçen en ünlü kadrans ise duvar kadranıydı. Çok yönlü bir bilgin olan Bîrûnî (973-1048) 7,5 metre çaplı bir kadrans geliştirmişti. Bu küçümsenmeyecek bir değer olmakla birlikte, Uluğ Bey 40 metre çaplı bir duvar kadransı yaparak sınırı zorladı. Fakat aletler büyüdükçe üretilmeleri ve çalıştırılmalarında bazı güçlüklerin baş göstermesi, kendi ağırlıklarının etkisiyle şekillerinin bozulması, böyle aletlerin bazı sakıncalarının olduğunun anlaşılmasına yol açtı. Bu durum karşısında, Bîrûnî ve İbn Sînâ küçük ancak daha hassas araçlar kullanmayı benimsedi. Dolayısıyla aletlerin küselerini fazla büyütmeden dakikliklerini ve duyarlılıklarını arttırma yolunun bulunması büyük önem taşımaktaydı. Bunu açık bir şekilde fark eden Bîrûnî gözlem araçlarını büyütme yerine, çok sonraları ünlü astronom Tycho Brahe'nin de (1546-1601) kullanacağı, açı büyüklüklerinin okunduğu cetvellerin çapraz çizgilerle bölümlendirilmesi yöntemini geliştirerek Vernier İlkesi'nin temellerini attı. İbn Sînâ ise 17. yüzyıldan itibaren Avrupa'da icat edilen ve çeşitli şekilleri yaygın olarak kullanılan mikrometre düzeneğini geliştirdi.

Dönemin en gözde ilgi alanı ise gökyüzünü temsil edecek düzeneğin hazırlanmasıydı. Otomat yapımının gelişmesini de sağlayan bu merak ve ilgi tarihi Benû Mûsâ Kardeşler olarak geçen üç bilim tutkunu entelektüelin çalışmalarıyla somut bir yapıya dönüştü. Büyük kardeş Muhammed önemli yıldızların günlük hareketlerini ve konumsal değişimlerini hesaplamıştı. Bu hesabı küresel bir araç üzerinde gözlemeleme işini de kardeşi Ahmed gerçekleştirdi. Su ile çalışan, küre şeklindeki bu araç, gök cisimlerinin hareketini gözlemelemeyi sağlıyordu. Örneğin gökyüzünde bir yıldız batınca, aynı anda görüntüsü de, araçta ufku gösteren dairenin altına doğru kayarak kayboluyor, yıldız doğunca, ufuk çizgisinin üzerinde tekrar görünüyordu.

Bunun dışında, İbn Sînâ zic hazırlamak için imal ettiği özel bir araçtan da yararlanmıştı. Yapılan araştırmalara göre, bu araç zât el-semt ve el-irtifâh adı verilen azimut kadranıdır. Araç, ufka göre yükseklik ve açıklık açıları ölçmek için yapılmıştı. Aracın özgünlüğü, açı ölçüsünde çok büyük dakiklik sağlamayı amaçlamasından ileri gelmekteydi. İbn Sînâ bu araçla bir saniyeden küçük açıların da ölçülebileceğinden söz etmektedir. Bu bakımdan değerlendirildiğinde, İbn Sînâ'nın aracında mikrometreyi hatırlatan bir düzenek kullandığını söylemek olanaklıdır.



İbn Sînâ'nın yıldızların ufka göre yüksekliklerini ve açıklık açılarını ölçmek için kullandığı azimut kadranı

Astronominin Öncüleri

9. yüzyılda Ptolemaios'un astronomi yapıtının ortaya çıkışı kendine özgü bir ekol olarak İslam astronomisine yeni bir unsur katıp ona sağlam bir zemin oluşturdu. Ptolemaios'un Megale Syntaxis Mathematike adlı çalışması Huneyn İbn İshâk ve Sâbit İbn Kurrâ gibi bilginler tarafından bir kaç kez Arapçaya çevrildi. Bu kitap bugün Batı dünyasında Arapça yazılı biçimi olan Almagest adıyla tanınmaktadır.

Hârezmi biri büyük öteki küçük iki zic yazdı ve küçük zic Mesleme el-Mecrîfî tarafından Kurtuba meridyenine göre uyarlandı. Bathlı Abelard tarafından Latinceye tercüme edilen eser, hem Müslüman hem de Hıristiyan İspanya'yı hayli etkiledi. Fergânî astronomi araştırmalarında yeni bir dönemi başlatırken, çağdaşı Neyrizî ise astronomi problemlerinin çözümünde küresel trigonometrinin kullanımına özel önem veren bir şerh yazdı. Sâbit İbn Kurrâ ise özellikle bir gezegen veya kuyruklu yıldız yörüngesinin Güneş'e en yakın olan noktasındaki hareketiyle ilgilendi ve ekinoks presesyonunun kesin ölçümüyle uğraştı. Çağdaşı Battânî, İslam dünyasında hem gözlemsel hem de matematiksel astronomi araştırmalarının zirvesi sayılan Zic

el-Sâbî (Sabîi Cetvelleri) adlı kitabını yazdı. Battânî, ekliptiğin eğim derecesini doğru şekilde 23 derece 35 dakika olarak belirledi ve Avrupa'da 18. yüzyıl gibi geç dönemlere kadar başvurulacak olan Güneş ve Ay tutulmaları hakkında hassas sonuçlar elde etti.

Astronomi alanındaki çalışmalar Ebû Sehl el-Kûhî'nin Şiraz'da günün uzunluğunu kesin olarak hesaplamasıyla devam etti. Asıl ilgisiz matematik olan Ebû el-Vefâ el-Buzcânî ise Ay'ın, Güneş'in çekimine bağlı düzensiz hareketleri hakkında çalıştı ve ulaştığı sonuçlar 19. yüzyıla kadar Batı'da kullanıldı. Ebû el-Vefâ'nın öteki çağdaşları büyük astronomi yapıtları oluşturmayı sürdürdü. 12. yüzyılda İslam astronomisinde büyük bir canlanma yaşandı. Nasîreddîn-i Tûsî, ünlü Meraga Gözlemevi'ni kurdu ve Kutbeddîn Şîrâzî, Müeyyiddüddîn el-Urdî, Muhyiddîn el-Mağribî gibi birçok seçkin bilim insanını bir araya getirdi. Bu bilim merkezinin en önemli ürünü Zic-i İlhanî (İlhanlı Cetvelleri) oldu ve bunun dışında gezegen kuramını derinden etkileyen çeşitli yapıtların yazılması sağlandı.

Yükselen astronomi araştırmaları İbn el-Şâtîr gibi bireysel olarak çalışan bilginlerce daha da ileri götürülürken, hem yönetici hem de astronom olan Uluğ Bey tarafından Meraga model alınarak Semerkand'da yeni bir gözlemevi kuruldu. Bu kurumun en seçkin bilginini Zic-i Hâkânî'yi yazan Gıyaseddîn Cemşîd el-Kâşî'ydî. Bu arada Uluğ Bey, Kadızâde Rûmî ve öteki astronomlarla birlikte daha sonra sabit yıldızlara ilişkin yeni gözlem kayıtlarıyla ünlenecek olan Zic-i Uluğ Beyî hazırladı.

Semerkand'dan sonra İslam dünyasındaki astronomi çalışmaları gerilemeye başladı. 16. yüzyılda İstanbul'da son bir girişimde bulunulduysa da kısa süren bu girişim hüzünlü bir şekilde son buldu. Takîyüddîn'in bu faaliyetine ve İslam dünyasının diğer bölgelerindeki gayretlere rağmen ilk dönem yapıtlarıyla kıyaslanabilecek çapta yeni yapıtlar ortaya konamadı. Öyle anlaşılıyor ki, Müslüman astronomlar Aristoteles fiziğiyle desteklenmiş Ptolemaiosçu kapalı evren modelinin bütün sorunlarını gözlem ve matematik aracılığıyla çözdükten sonra, bu kapalı evren algısını aşmak yerine, ötelelerdeki Ebedî Varlığı düşünerek tatmin olmakla kaldılar.

Kaynaklar
Fehd, T., "İlm-i Ahkâm-ı Nücûm", *İslam Ansiklopedisi*, Cilt 22, TDV, 2000.
Fehd, T., "İlm-i Felek", *İslam Ansiklopedisi*, Cilt 22, TDV, 2000.
Helvacı, M. Ve Unat, Y., "İlm-i Mikât", *İslam Ansiklopedisi*, Cilt 22, TDV, 2000.
Hunke, S., *Avrupa'nın Üzerine Doğan İslam Güneşi*, Çeviren: S. Sezgin, Bedir, 1975.
Nasr, S. H., *İslam ve İlim, İslam Medeniyetinde Akli İlimlerin Tarihi ve Esasları*, Çeviren: İ. Kutluver, İnsan, 1989.
Sayılı, A., *İbn Sînâda Astronomi ve Astroloji*,

İbn Sînâ Doğumunun Bininci Yılı Armağanı, Derleyen: A. Sayılı, Türk Tarih Kurumu, 1984.
Sayılı, A., *The Observatory in Islam*, Türk Tarih Kurumu, 1960.
Sezgin, F., *İslamda Bilim ve Teknik*, Cilt II, Çeviren: Abdurrahman Aliy, Türkiye Bilimler Akademisi ve Kültür Turizm Bakanlığı Yayını, 2007.
Topdemir, H. G. ve Unat, Y., *Bilim Tarihi*, Pegem, 2008.
Unat, Y., *Astronomi Tarihi*, Nobel, 2001.
Unat, Y., *El-Fergânî, The Elements of Astronomy, Textual Analysis, Translation, Critical Edition & Facsimile*, Ed. Şinasi ve Gönül Alpay Tekin, Harvard Üniversitesi, s. 22, dipnot 7, 1998.