

Tarih Boyunca Geliştirilmiş Evren Modelleri - 1

Yer Merkezli Evren Modeli



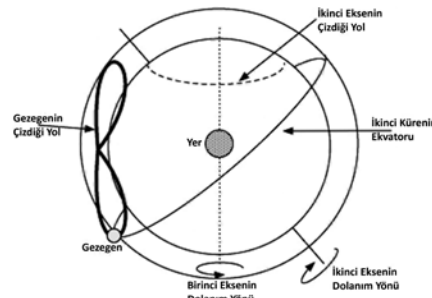
Miletoslu Thales: Eski Yunan'ın önde gelen bilim ve düşün adamlarından olan Thales, İonya Okulu'nun kurucusu ve Yedi Bilge'den (Sophos) biridir. Aynı zamanda ilk Yunan matematikçisi olan Thales, geometriyi Yunanlara tanıtan kişidir. Gölgesinin boyuna eşit olduğu anda, piramidin gölgesini ölçerek yüksekliğini bulmuştur.

İçinde bulunduğumuz evrene salt sağduyu ile bakıldığında, Yer'in evrenin merkezinde olduğu izlenimi apaçık bir gerçeklikmiş gibi görünmektedir. Doğru olmadığı uzun zaman önce bilim insanları tarafından keşfedilmiş olmasına karşın, bu izlenimin insanlar tarafından hâlâ benimsenmesinin veya herhangi bir tereddüde yol açmadan kabul edilmesinin, başka bir deyişle, bugün de hâlâ Güneş'in doğup battığından söz etmemizin nedeni ne olabilir? Aslında cevabı basit: Sağduyumuz, yani dikkatimizi görenen dünyanın görünen olgularının görünen değişimleriyle sınırlandırmış olmamız. Bu sınırlandırma, insana kendisinin ve üzerinde bulunduğu Yer'in her şeyin merkezinde olduğu duygusunu vermektedir. Bundan dolayıdır ki bilimsel açıklamanın sağduyuyla sınırlı olduğu dönemlerde insan Yer'i kendisine başvuru noktası olarak almış ve evrenin merkezine yerleştirmiştir. Yer'i evrenin merkezinde gören ve bugün Yer Merkezli Evren Modeli olarak betimlenen evren modelinin başlangıcını Eski Mısır, Babil ve Hint uygarlıklarına kadar geri götürmek makul olabilir. Çünkü gökyüzüne duyulan ve hem dinsel hem de olgusal bir temelde gelişim gösteren ilgi sonucu Mısırlılar, Hintliler ve Babilliler Güneş'in, Ay'ın ve yıldızların hare-

ketlerini düzenli olarak kaydetmişlerdir. Özellikle Babillilerin kayıtları çok uzun dönemleri kapsamaktaydı ve sistemliydi. Bu yüzden gelecekte ne zaman Güneş ve Ay tutulması olacağını kestirebiliyorlardı. Bu zengin mirası daha sonra Eski Yunanlar devraldı ve İonyalı ünlü bilgin Thales de (MÖ 625-545) bu sayede MÖ 28 Mayıs 585 tarihinde gerçekleşen Güneş tutulmasını önceden bildirebildi.

Bu başarı, insanların çok eskiden beri benimsediği, doğada bir düzenlilik olduğu inancına dayanmaktadır. Nitekim uzun süre göksel cisimlerin görünen hareketleri gözlenmiş, kaydedilmiş ve sonuçta doğadaki düzenlilik keşfedilince de bu cisimlerin gelecekteki konumları kestirilebilmiştir. Fakat bu uygarlıkların hiçbirinde evrenin matematiksel hesaplamaya dayanan fiziksel modellemesine rastlanmaz. Diğer taraftan göksel cisimlerin gerçekte ne olduğu ve uzayda nasıl düzenlenmiş oldukları da merak edilen bir konu olmuştur. Ancak bu uygarlıklarda daha çok ilk bahsettiğimiz konu, yani gök cisimlerinin hareketlerini gözlemek, bu yolla zamanı ve yaşam için vazgeçilmez bir gereksinim olan mevsimleri belirlemek gibi pratik gereksinimler ön plandaydı. Gökyüzünün nasıl bir şey olduğu ve göksel cisimlerin mahiyetinin ne olduğu konusu ise daha sonraki dönemlerin sorguladığı konulardı. Bu bağlamda gökyüzünün ilk geometrik modellemesini yapan Knidoslu Eudoksos (?-?, MÖ 400'ler) olmuştur.

Eudoksos, evreni iç içe geçmiş kürelerden oluşan bir yapı olarak kabul etmiştir. Evren sınırlıdır ve merkezinde Yer bulunmaktadır. Güneş dâhil bütün gezegenler Yer'i çevreleyen kürelere çakılıdır ve küre döndükçe gezegenler de dönmektedir. Eudoksos'un tasarladığı bu geo-



Eudoksos'un ifade ettiği atkosteği-hipopet- hareketi, iki farklı eksen etrafında aynı sabit açsal hızda fakat ters yönde dolanan iki ortak merkezli kürenin hareketiyle oluşmaktadır.

metrik gökyüzü modellemesine "ortak merkezli küreler sistemi" adı verilmiştir. Bu modelle ilk defa bir gök cisminin belirli bir süre sonra nerede bulunacağını matematiksel olarak belirlemek olanaklı olmuştur.

Aslında Eudoksos'un çözümü son derece ilginçtir. Bir kürenin üzerinde bulunan bir gezegen, bu kürenin eksenlerinden biri üzerinde dolarken, merkezdeki Yer'in çevresinde dairesel yörüngeler çizer. Böylece küreleri artırmak suretiyle daha karmaşık hareketleri betimlemek olanaklı olur ve gezegenlerin gökyüzündeki hareketleriyle bu iç içe geçmiş küre hareketleri uyuşturulabilir. Nitekim Eudoksos bu amaçla ortak merkezli kürelerin sayısını 27'ye çıkarmıştır. Böylece ilk defa gökyüzündeki görünüm, matematiksel bir modelle anlaşıldırılmış oluyordu. Gerçi ortak merkezli küreler sistemi çok karmaşıktı ve uygulamada hayli başarısızdı, ama sonuçta görünümünü anlamlandırmaya yönelik kuramsal bir girişimdi ve yaklaşık da olsa görünüşü kurtarıyordu.

Aslında düzgün bir biçimde devinen yıldızların konumlarını önceden belirlemek hayli kolaydır, ama gezegenler için aynı şey söylenemez. Onların görünürdeki devinimleri hayli şaşırtıcıdır, belirli bir doğrultuda giderken bir ara durur, daha sonra geri döner ve dolanımlarını tamamladıklarında sekizi andırır bir eğri çizerler. Bu eğriyi hipopet- atkosteği- olarak adlandırmış olan Eudoksos'a göre, gezegenlerin böyle bir yörüngede dolanyormuş gibi görünmelerini açıklamak için dairesel hareketleri birleştiren geometrik ve kinematik bir model oluşturmak gerekir.

Eudoksos'un ortaya koyduğu geometrik tabanlı Yer merkezli bu ortak küreler sistemi daha sonra Aristoteles (MÖ 384-322) tarafından mekanik bir modele dönüştürülmüştür. Astronomi ile fiziği birbirinden ayırmanın olanaksız olduğunu düşünen Aristoteles'e göre, küre en mükemmel biçim olduğu için, evren küreseldir ve sonludur. Yer evrenin merkezinde bulunur ve bu yüzden, evrenin merkezi aynı zamanda Yer'in de merkezidir. Bir tek evren vardır ve bu evren her yeri doldurur, bu nedenle evrenötesi veya evrendışı yoktur. Evren iç içe geçmiş kürelerden oluşmuştur. En içte yani evrenin merkezinde Yer vardır. Yer'den sonra Ay küresi ve sırasıyla Merkür, Venüs, Güneş, Mars, Jüpiter ve Satürn küreleri yer alır. En dışta ise Sabit Yıldızlar

Küresi bulunur. Bu küre Yetkin Varlık küresidir ve evreni çevreler. Ancak duyumlarımız bize bu tek evrenin her tarafının aynı unsurlardan oluşmadığını, Yer'den Ay'a kadar olan kısmının yani Ay-altının başka, Ay'dan Sabit Yıldızlar Küresi'ne kadar olan kısmının yani Ay-üstünün ise başka unsurlardan oluştuğunu gösterir.

Böylece evreni Ay-altı ve Ay-üstü olmak üzere iki kısma ayıran Aristoteles'e göre, evrenin Ay-üstü kısmı ve burada yer alan gök cisimleri eterden oluşmuştur; eterin mükemmel doğası, buraya ezeli ve ebedi bir mükemmellik sağlamaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, burada oluş ve bozuluş yoktur. Sadece, özsel bir değişime yol açmayan yer değiştirme vardır ve bu hareket türü de sürekli, kendini yeneleyen, döngüsel bir harekettir. Bu nedenle gök çok farklı özelliklere sahiptir. Temel maddesi olan eter saydamdır. Bunun gibi, gezegenleri taşıyan küreler de saydamdır. Ay da dahil olmak üzere, her gezegen için bir küre vardır. Gezegenler bu kürelere çakılıdır. Küre hareket ettiğinde gezegen de hareket etmektedir. Küreleri, hareketsiz ilk hareket ettirici hareket ettirmektedir. Bu Tanrıdır. Tanrı bir ilk hareket vermiştir. Bu hareket iç içe olan diğer kürelere de geçmiştir. İlk hareket ettirici aynı zamanda evrenin çevresindedir.

Buna karşılık, Ay-altı evren her türlü değişimin, oluş ve bozuluşun yer aldığı bir evrendir. Burası, ağırlıklarına göre Yer'in merkezinden yukarıya doğru sıralanan dört temel unsurdan yani topraktan, sudan, havadan ve ateşten oluşmuştur. Bu dört unsurun dizilişini belirleyen de ağırlıklardır. Toprak diğer üçüne oranla daha ağır olduğu için en altta, ateş ise en hafif olduğu için en üstte bulunur. Bundan dolayı ağır cisimler sürekli olarak merkezde bulunur ve merkeze doğru hareket ederler. Merkez ağır unsurdan oluşan tüm cisimlerin doğal yeridir. Daha hafif olan su ise toprağın üzerinde yer alır. Buna göre sudan sonra hava, ondan sonra da ateş gelir. Bu sıralanış da unsurların doğal yeridir ve doğal yer değişmez. Aristoteles'e göre bu öğeler aynı zamanda kuru, ıslak, sıcak ve soğuk gibi birbirlerine karşıt dört niteliğin birleşiminden oluşmuştur. En temel ve indirgenemeyecek olan da bunlardır. Varlık biçimlerinin mükemmel olması veya olmaması da Yer'in merkezine olan uzaklıklarına göre değişir. Bir varlık Yer'e ne kadar uzaksa o kadar mükemmeldir. Bundan dolayı, merkezde bulunan Yer mükemmel olmadığı halde merkeze en uzakta bulunan Sabit Yıldızlar Küresi mükemmeldir. Bu mükemmel küre, aynı zamanda Tanrı yani ilk hareket ettiricidir.

Böylece Aristoteles'in kavrayışına göre evrendeki her öğenin doğal bir yerinin olduğunu ve yerinden oynatılan cismin de tekrar doğal yerine dönmek için bir eğilim taşıdığını varsaydığımız anlıyoruz. Başka bir deyişle, yerinden oynatılan ve görülebilen bir cismin niteliğinde ağırlık taşıyan unsur neyse, cisim o unsurun belirlediği doğal yere doğru gidecektir. Örneğin taşa ağır basan unsur toprak olduğundan, taş daima Yer'e doğru gidecektir. Yapıları farklı olan bu iki evrende, doğal olarak farklı fizik kanunları geçerli olacaktır.

Ay-üstünde bulunan gök cisimleri, taşıyıcı kürelere yapışık oldukları için düzgün dairesel yörüngeler çizerken, her tür değişimin yer aldığı Ay-altında ise birbirinden farklı iki tür hareket vardır: Doğal ve zorunlu. Bir dış kuvvetin uygulanması sonucu gerçekleşen harekete zorunlu hareket, kuvvet ortadan kalktıktan sonra cismin kendi doğal konumuna doğru yaptığı harekete de doğal hareket denir.

Aristoteles'e göre, kuvvete bağlı olarak gerçekleşen zorunlu hareket de iki türdür: Hareketi sağlayan kuvvet cisim üzerindeki etkisini cismin hareketinin her anında sürdürüyorsa "sürekli zorunlu hareket", ilk hareketi sağladıktan sonra kesiliyorsa "süreli zorunlu hareket". Bununla birlikte Aristoteles, kuvvet olmaksızın hareketin de olamayacağına inandığından, süreli zorunlu hareketin oluşabilmesi için hareket ettiren kuvvetin, ilk hareketin verilmesinden sonra cismin yol aldığı ortama aktarıldığı düşüncesini benimsemek zorunda kalmıştır. Çünkü Aristoteles, bu dünyada kuvvet uygulanmadan gerçekleşen her hangi bir hareket gözlemlememiştir. Bu yüzden "eğer hareket ilkesini kendinde taşıyorsa, hareket eden her cisim başka bir şey tarafından hareket ettirilmektedir" demektedir. Bundan dolayı da haklı olarak bütün hareketlerin bir "neden" sonucu ortaya çıktığı ve bir cismin ancak kendisini hareket ettiren bir şey olursa hareket edeceği savına ulaşmıştır. Bu durumda, zorunlu harekette hareketi sağlayan etmen dış bir kuvvet iken, doğal harekette cismin ağırlığıdır. "Kuvvetsiz (nedensiz) hareket olmaz" belirlemesi böylece Aristoteles mekaniğinin değişmez temel ilkesi haline gelmiştir. Zaten gündelik yaşamda gözlemlenen hareketler de bu ilkeyi desteklemektedir. Örneğin devamlı kuvvet uygulanmadıkça araba gitmemekte, yük kaldırılamamaktadır. Buradan yola çıkarak Aristoteles'in genel hareket formülünü yazmak olanaklıdır. Aristoteles'e göre, fırlatılan bir cismin hızı (V) cisme uygulanan kuvvetle (F) doğru, cismin içinde bulunduğu ortamın yoğunluğuyla (R=direnç) ters orantılıdır.

$$\text{Buna göre, } V = \frac{F}{R} \text{ 'dir.}$$

Bu genel bir ifadedir ve her iki harekette de uygulanması gerekmektedir.

$$\text{Bu durumda, } V_z = \frac{F}{R} \quad , \quad V_d = \frac{W}{R} \text{ olur.}$$

Doğal harekette kuvvet cismin kendi ağırlığı olduğuna göre, daha ağır olan cisim daha hızlı hareket etme yeteneğine sahip demektir. Zorunlu harekette ise hızı belirleyen kuvvettir.

Aristoteles ile birlikte fiziksel bir temele oturtulmuş olan bu Yer Merkezli Evren Modeli, gezegen hareketlerini betimleyebilmek için geometriye dayanan ilkeler benimsemiştir. Buna göre:

| Gezegenlerin hareket ederken izledikleri yol bir dairedir.

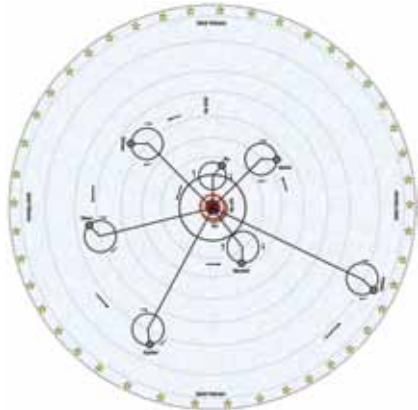
| Gezegenler dairesel yörüngeler üzerinde sabit hızlarla dolanırlar.



Dört Unsur ve Nitelikleri



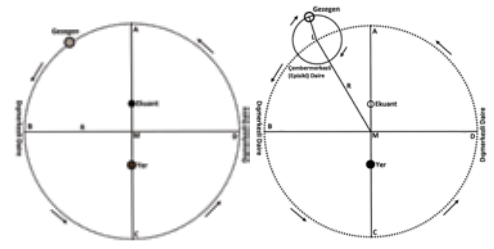
Ancak Yer'in merkezde olduğu ve gök cisimlerinin de onun çevresinde düzgün bir şekilde dolandığı kabul edildiğinde, kuramın bazı gözlemleri, örneğin Ay'ın ve Güneş'in Yer'e yaklaşıp uzaklaşmalarını, bazen hızlı bazen yavaş hareket etmelerini açıklamaya olanaksızdı. Bunun için Ptolemaios Yer'i daire olan yörünge'nin merkezinden bir miktar kaydırmıştır. Klasik astronomide bu düzenek dışmerkezli düzenek (eksantrik) olarak adlandırılır. Gezegenlerin gökyüzünde ilmek atmalarını, yani durmalarını ve geriye dönmelerini açıklamak için de çember merkezli düzenek (episikl) adı verilen başka bir düzenek daha kabul etmiştir. Bu iki ilkeye bağlı kalarak gök cisimlerinin hareketlerini açıklamak olanaklı gözükmeyle birlikte, birçok mantıksal problemin de bunun beraberinde geldiği kısa süre içinde anlaşılmıştır. Yörüngelerinin daire olması, gezegenlerin merkezde bulunan Yer'e her zaman eşit uzaklıkta dolanmasını gerektirir. Ancak gözlemler bu ön kabulü doğrulamamıştır; gezegenler bazen Yer'e yakınlaşıyor bazen de uzaklaşıyor, bu yakınlaşmaya ve uzaklaşmaya bağlı olarak da, bazen hızlı bazen de yavaş hareket ediyor gibi bir izlenim oluşmaktadır. Bu kuram ve gözlem uyumsuzluğu ilk ciddi sıkıntıdır ve sıkıntı giderilinceye kadar Yer Merkezli Evren Modeli'nin gelişimi son derece yavaş olmuştur. Başlangıçta bu sorunu çözmek için ortak merkezli kürelerin sayısının artırılması yoluna gidilmiş, bunun sonucunda küre sayısı 43'e çıkmıştır. Ancak bu kadar çok küre ile gezegen hareketlerini betimlemek yine de doyurucu olmadı, hep yeni bir anlayışın geliştirilmesine gereksinim duyulmuştur. Bu sıkıntıları giderebilmek için zaman içerisinde iki farklı geometrik düzenek geliştirmek durumunda kalınmıştır. Bu düzeneklere dayanarak uzun yıllar egemen olan Yer Merkezli Evren Modeli'ni geliştiren ise klasik astronominin en önemli temsilcisi Ptolemaios (Batlamyus, MS 150'ler) olmuştur.



Çember merkezli düzeneğe göre gezegen hareketlerinin düzenlenişi

Ptolemaios bütün zamanların en önemli astronomi çalışması olan ünlü 13 bölümlük Matematik Koleksiyonu'nda ya da daha çok tanındığı adıyla Almagest'te geniş ölçüde matematiğe dayalı olan anlatımını, Aristoteles fiziği ile ilişkilendirerek, gök cisimlerin döngüsel hareketlerini ve bu hareketlerin düzensizliğini çözmeye çalışmıştır. Ptolemaios, öncelikle Yer'in durağan olduğu ya da olması gerektiği savını kanıtlamakla işe başlamış, ardından Yer'in evrenin merkezinde olduğunu ve sabit yıldızların da bir küre gibi birlikte hareket ettiğini geometrik olarak göstermeye çalışmıştır. Buna göre, evren küreseldir ve Yer bu evrenin merkezinde hareketsiz olarak durmaktadır. Şayet günlük veya yıllık görünümüler Yer'in hareketleri sonucunda meydana gelseydi, her şey uzaya saçılır ve Yer parçalanırdı. Ay, Merkür, Venüs, Güneş, Mars, Jüpiter, Satürn ve sabit yıldızlar Yer'in çevresinde, düzgün hızlarla, dairesel hareketler yaparlar. Sabit yıldızlar küresi, evrenin sonudur. Ptolemaios'un bu Yer Merkezli Evren Modeli, önce İslam dünyasındaki çalışmaların esin kaynağı olmuş, ardından da Orta Çağ Batı dünyasındaki astronomi çalışmalarının odağını oluşturmuştur. Ancak her iki dönemde de sistemin özüne bağlı kalınarak ayrıntıda farklılaşma yoluna gidilmiştir. Buna karşılık Orta Çağ Hıristiyan dünyasında özellikle Aziz Thomas Aquinas'ın (1225-1274) çalışmalarını birlikte Aristoteles'in Yer'e ve evrene ilişkin betimlemeleri Orta Çağ astronomisinin belkemiğini oluşturacak hale getirilmiştir.

Bilindiği gibi, Aristoteles'in düşünceleri Kilise tarafından önce yasaklanmış, daha sonra incelenmeye başlanmış ve Hıristiyanlık öğretisiyle uzlaştırma çabasına girilmiştir. Thomas Aquinas, bu düşüncelere dayanarak Aristoteles'in ve Ptolemaios'un evren anlayışı ile Hıristiyanlığın evren anlayışını bağdaştırmış ve böylece bir anlamda Yer Merkezli Evren Modeli'ni Hıristiyanların kolayca onaylayabilecekleri bir kuram haline dönüştürmüştür. Thomas'a göre Yer evrenin merkezindedir; çünkü Tanrı'nın yaratma eyleminin amacı olan insan Yer'de yaşamaktadır. Ancak Thomas Aquinas bu noktadan daha ileri gitmemiş ve Aristoteles-Ptolemaios modelini, evreni anlamakta işe yarar bir varsayım olarak değerlendirmekle yetinmiştir. Bununla birlikte, kendisinden sonra gelen Hıristiyan düşünürler ve bilginler, onun bir varsayım olarak nitelediği bu modeli mutlak doğru olarak kabul etmiş ve Aquinas'ın düşüncesi giderek katı, değişmez bir inanç konumuna yükselmiştir. Bu andan sonra da Aristoteles'e ve Ptolemaios'a yönelik en küçük bir eleştiri bile hoş görülmemiş ve bu düşünülere dil uzat-



Dışmerkezli Düzenek

Dışmerkezli düzeneğe göre, gezegenler dairesel yörüngelerde dolanmaktadır, ancak daire merkezine olan uzaklığa bağlı olarak değil, merkezden belirli bir miktar kaydırılmış olan Yer'e olan uzaklığa bağlı olarak hareket ederler. Böylece yaklaşma ve uzaklaşma sorunu geometrik olarak çözümlenmiştir.

Çember merkezli Düzenek

Çember merkezli düzeneğe göre ise gezegen asıl yörüngesi olan büyük daire üzerinde değil, bu dairenin çemberini merkez alan küçük bir daire üzerindedir, böylece ilmek atma sorunu da çözümlenmiştir.

mak Hıristiyanlığa dil uzatmakla eşdeğer sayılmıştır. Böylece Orta Çağ skolastik görüşü gerçek kimliğine kavuşmuştur.

Aristoteles'in evren tasarımında olduğu gibi, Orta Çağ Hıristiyanlarının evren tasarımında da evrenin merkezinde bulunan Yer, küre biçimindedir. Gerçi Hıristiyanlığın ilk dönemlerinde bazı Kilise Babaları, Kutsal Kitap'tan esinlenerek Yer'in düz olduğuna ilişkin birtakım görüşler ortaya atmıştı, fakat Aristoteles'in bir otorite olarak görüldüğü son dönemlerde bu görüş ciddiye alınmamıştı; çünkü Aristoteles'in Yer'in küreselliğine ilişkin kanıtlamaları çok güçlü ve akla yatkındı.

Sonuçta Hıristiyanlığın adeta resmi evren görüşü haline gelmiş olan bu Yer Merkezli Evren Modeli, yine bir Hıristiyan din adamı olan Mikolaj Kopernik'in Güneş merkezli evren modelini ileri sürdüğü 1543 yılına kadar tek açıklayıcı varsayım olarak kalmıştır.

Kaynaklar

- Abetti, G., *The History of Astronomy*, Sidgwick and Jackson, 1954.
- Aristoteles, *Fizik*, Çev. Saffet Babür, Yapı ve Kredi, 1997.
- Aristoteles, *Gökyüzü Üzerine*, Çev. Saffet Babür, Dost, 1997.
- Aristoteles, *Oluş ve Bozuluş Üzerine*, Çev. Celal Gürbüz, Ara, 1990.
- Bynum, W. F., *Dictionary of The History of Science*, Princeton University, 1984.
- Bernal, J. D., *Modern Çağ Öncesi Fizik*, Çev. Deniz Yürtören, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1995.
- Cohen, I. Bernard, *The Birth of a New Physics*, W.W. Norton & Company, 1992.
- Crombie, A. C., *Augustine to Galileo the History of Science A.D. 400-1650*, Melbourne: William Heinemann, 1957.
- Cushing, James T., *Fizikte Felsefi Kavramlar I*, Çev. B. Özgür Sarıoğlu, Sabancı Üniversitesi, 2003.
- Dreyer, J. L. E., *History of the Planetary System from Thales to Kepler*, Dover, 1953.
- Grant, E., *Orta Çağda Fizik Bilimleri*, Çev. Aykut Göker, Verso, 1986.
- Middleton, William Edgar Knowles, *The Scientific Revolution*, Schenkman Pub. Co., 1963.
- Ross, W. D., *Aristoteles*, Ed. Ahmet Arslan, Ege Üniversitesi, 1993.
- Tekeli, S. vd., *Bilim Tarihine Giriş*, Nobel, 2010.
- Topdemir, H. G. ve Unat, Y., *Bilim Tarihi*, Pegem, 2008.
- Topdemir, H. G., "Aristoteles'in Doğa Felsefesinin Orta Çağ'daki Yansımaları", *Felsefe Tartışmaları*, Sayı 37, s. 57-78, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 2006.
- Topdemir, Hüseyin Gazi, "Aristoteles'in Doğa-Fizik-Felsefesi", *Felsefe Dünyası*, Sayı 39, s. 3-19, 2004.
- Unat, Yavuz, *Astronomi Tarihi*, Nobel, 2001.