

Tarih Boyunca Geliştirilmiş Evren Modelleri-3

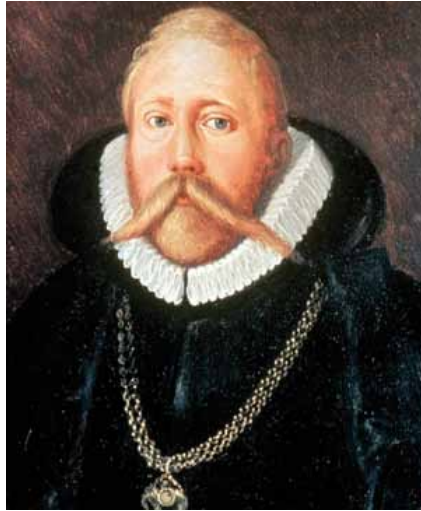
Yer-Güneş Merkezli Evren Modeli

Yer-Güneş Merkezli Evren Modeli'nden önce astronomi tarihinde iki ayrı evren modeli geçerliydi. Önce Yer Merkezli Evren Modeli tarih sahnesine çıktı ve uzun yıllar boyunca nerdeyse bütün uygarlıklarda tek açıklama modeli olarak varlığını sürdürdü. İnsanların doğaya ve evrene ilişkin deneysel ve gözlemsel bilgileri arttıkça bu açıklama modelinin yetersizliği ve yanlışlığı anlaşıldı ve yaklaşık iki bin yıl boyunca geçerli olan Yer Merkezli Model terk edildi. Bilimde doğal karşılanan bu gelişme sonucunda terk edilen modelin yerine Güneş Merkezli Evren Modeli geçti. Bu model öncekine göre bazı yönlerden üstünlük taşımasına karşın dinsel, bilimsel ve felsefi bakımlardan doyurucu olmaması bakımından hemen benimsenmedi. Bunun bir sonucu olarak da bilim insanları almaşık model arayışlarını sürdürdü. Yer-Güneş Merkezli Model de bu arayış sonucunda geliştirilen bir model olarak tarihte yerini aldı. [Dergimizin Ocak ve Şubat 2011 sayılarında, sırasıyla Yer Merkezli ve Güneş Merkezli evren modellerini ayrıntılı olarak tanıtmıştık.]

Kopernik'in (1473-1543) uzun yıllar tek keşim evren kuramı olarak kalmış olan Yer Merkezli Evren Modeli'ne karşı bir model olarak geliştirdiği Güneş Merkezli Evren Modeli, esasen öncelinden çok da köklü farklılıklar içermiyordu. Çünkü Kopernik Modeli de gezegenlerin dairesel yörüngelerde dolandığı ve evrenin sonlu olduğu temel önermelerine sıkı sıkıya bağlıydı. Bunun dışında Kopernik yeni bir hesaplama tekniği de getirmemişti. Güneş'i evrenin merkezine koymuştu, ancak yörüngeler yine daireseldi ve hızlar da sabitti. Bu durumda yine gezegen hareketlerinde görülen düzensizliklerin birçoğu açıklanamayacak ve sonuçta Ptolemaios modelinin dışmerkezli ve çembermerkezli tekniklerini kullanmak gerekecekti. Sistemdeki en belirgin farklılık ise Güneş ile Yer'in yerlerinin değiştirilerek Güneş'in merkeze alınmasıydı. İlk bakışta çok sıradan görünen bu değişiklik, düşünsel ve bilimsel pek çok şeyi etkilemiş olmasından önemlidir.

Yer Merkezli Evren Modeli'ne dayanarak yıllar boyunca kendisini var olan her şeyin merkezinde gören insan, bu durumun yarattığı üstünlük psikolojisiyle, adeta her şeyin efendisi olduğu duygusuna uygun bir "insan, doğa ve evren anlayışı" geliştirmişti. Hatta teolojik söylemini bile bu anlayış doğrultusunda belirlemiş, "Tanrının yaratma gayesi insandır, öyleyse insanın üzerinde yer aldığı Yer'in de evrenin merkezinde olmasından daha doğal bir şey olamaz" demişti. Yer'in merkezden alınmasıyla birlikte, insan bu güven duygusunu kaybetmekle kalmadı, bilimsel açıdan da birçok problemle karşı karşıya kalmaya başladı. Her

şeyden önce tek bir fizik sistemi (Aristoteles fiziği) vardı ve o sisteme göre de ağır nesnelere merkezde ve durağandı. Bu yeni anlayışla birlikte fiziksel anlamda her şey bozulmaktadır. Dolayısıyla Güneş Merkezli Model kabul edildiğinde, o dönemin bilimsel bilgi düzeyiyle cevaplanması zor bir dizi problem ortaya çıkmaktadır:



Tycho Brahe, kuramcı olmaktan çok bir gözlemciydi. Hven Adası'nda kurduğu Uraniborg Gözlemevi'nde mükemmel aletlerle hayatı boyunca gözlem yapmıştır. Bu gözlemevinde, o zamana kadar Batı dünyasında karşılaşılmayan, büyük gözlem araçları inşa edilmiş, özellikle duvar kadranı çok ilgi çekmiştir. Bu aracın çapının oldukça büyük olmasına karşın Brahe bununla yetinmemiş, gözlemlerin hassas olmasını sağlamak için transversal bölümlenmeyi de ilk defa kullanmıştır.

- Yer gibi ağır bir nesne Güneş'in etrafında nasıl döner?
- Yer'in Güneş'in etrafında döndüğü kabul edilse bile, üzerindeki nesnelere nasıl olup da etrafa savrulmaz?

- Doğal hareketin, dolayısıyla da gezegenlerin yörüngelerinde düzgün dairesel hareket etmelerinin ne anlamı var?

- Yukarıya atılan bir taş eğer Yer dönüyorsa neden atıldığı noktaya geri düşüyor?

Haklı ve yerinde olan bu soruların cevaplanması gerekiyordu ve aslında her iki model de (Yer Merkezli ve Güneş Merkezli) kendi ilkeleri ışığında bu soruları yanıtlıyordu. Ancak Rönesans döneminin getirdiği düşünsel yenilik ortamıyla birlikte, bilim adamlarının araştırmayla bağlandıkları dünya ve yaptıkları bilimsel çalışmaları dayandırdıkları bilim anlayışı da değişmişti. Artık doğaya ilişkin yeni, sağlam ve güvenilir bilgiler elde etmek vazgeçilmez bir kural haline gelmişti ve bu bağlamda "yeni" olduğunu iddia eden Güneş Merkezli Modelin de bu temel kuraldan kaçınması söz konusu olamazdı. Dönemin genel düşüncesini yansıtmaması açısından Descartes'in (1596-1650) şu sözleri dikkat çekicidir: "Bilim doğru önermeler topluluğu olmalıdır." Dış dünyaya ilişkin bir önermenin doğruluğu önermenin olguya uygunluğuna bağlıdır. Bu anlamda eğer evrenin merkezinde Yer değil de Güneş varsa, bunun ancak ayrıntılı gözlemlerle belirlenebileceği açıktır.

Rönesans ile birlikte gelişen tek düşünce bu değildi. Aynı zamanda bilginin sistemli, düzenli ve yöntemli olarak elde edilmiş olması da ayrı bir kural olarak varlığını hissettiriyordu. Bunun bir sonucu olarak "bir şeyi yöntemsiz araştırmaktansa, hiç araştırmamak çok daha iyidir" anlayışı yaygın kanaat haline gelmişti. Artık, yani 16. yüzyılda, bilim topluluklarının karşısında evrene ilişkin iki farklı açıklama mo-

deli vardı ve hangisinin evrenin gerçek doğasına uygun olduğuna karar verilmesinin gerektiği ortadaydı. Bu, hem doğaya ilişkin yeni ve güvenilir bilgiler elde etmeyi, hem de güvenilir bir yöntemeye dayanmayı kural haline getirmesi açısından önem taşıyordu

Bu gerekliliği fark eden dönemin Danimarka Kralı II. Frederick, eşdeğer nitelikleri bulunan iki modelden hangisinin doğru olduğunu belirlemesi için maiyetindeki soylulardan birisi olan ve o sıralarda astronomi çalışmalarıyla tanınan Tycho Brahe'yi (1546-1601) görevlendirdi. Brahe çözümün ayrıntılı gözlem yapmaktan geçtiğini biliyordu. Bunun için de o zamana kadar yapılmamış büyüklükte ve hassas gözlem araçlarıyla donatılmış bir gözlemevi olması şarttı. Bu düşüncesini krala açan Brahe, kralın desteğini almayı başardı. Kral, Brahe'ye gözlemevini inşa etmesi için Hven Adası'nı bağışladı ve yeterli para verdi.

Hayli dikkatli ve özenli bir gözlemci olan Brahe, kullandığı aletlerin de son derece gelişmiş olması dolayısıyla hassas ve kesin sonuçlara ulaşmayı başarmış, 777 yıldızın konumunu bir ya da iki dakikadan fazla hata içermeyecek şekilde hesaplamış ve bir katalogda toplamıştır. Bu bakımdan tarihte bir kuramcı olmaktan çok yaptığı gözlemlerle öne çıkmıştır. Onun yaptığı gözlemler sayesinde Aristoteles (MÖ 384-322) fiziği ve kozmolo-

model olduğunu göstermek amacıyla başlamıştır. Ancak ironik bir biçimde yaptığı gözlemlerle hem Aristoteles fiziğini, hem de Yer Merkezli Evren Modeli'ni yıkmıştır.

Brahe, Hven Adası'nda 1572 yılında, o zamana kadar gökyüzünde görülmeyen parlaklıkta bir yıldız gözlemler. Gözlemlenen bu yıldız, Kraliçe Takımyıldızı'nda ortaya çıkan yeni bir yıldızdır. Brahe yaptığı hesaplarla bu parlak gök cisminin (bugünkü deyim ile nova) sabit yıldızlar bölgesine ait yeni bir yıldız olduğunu göstermiştir. Bilimsel açıdan kanıtlanan bu olgu, ne yazık ki Brahe'nin de bağlı olduğu egemen bilim anlayışıyla çelişiyordu. Egemen bilim anlayışı Aristoteles'in fiziğine dayanıyordu ve buna göre iki kısımdan oluşan evrenin Ay-üstü kısmında hiçbir değişim, oluş ve bozulmuş söz konusu olamazdı. Evrenin bu kısmı eterden oluşmuştu ve eterin mükemmel doğası orayı da mükemmelleştirmekteydi. Dolayısıyla orada yeni hiçbir şey var olamaz, var olan bir şey de yok olamazdı. Oysa 1572'de gözlemlenen yıldız her bakımdan "yeniydi" ve dolayısıyla da Aristoteles'in temel kabullerine aykırıydı. Brahe'nin içine düştüğü durum tam anlamıyla "öğrenilmiş çaresizlikti". Aristoteles fiziğinden başka fizik bilmiyordu, yıldızı gören ve hesaplarıyla evrenin Ay-üstü kısmına ait olduğunu kanıtlayan da kendiydi. Çaresiz, bulgularını 1573'te yazdığı De Nova Stella (Yeni Yıldız Üzerine) adlı yapıtta yayımladı.



Brahe'nin gözlemediği 1577 kuyruklu yıldızını İstanbul Gözlemevi'nde Takıyüddin İbn Maruf da gözlemlemiştir. Takıyüddin burada olduğu gibi yıldızın çeşitli resimlerini de çizmiştir.

Uranienborg Gözlemevi

Astronom olarak çok iyi tanınan biri haline gelen Brahe'ye Danimarka Kralı II. Frederick işini sürdürmesi için tam donanımlı bir gözlemevi verdi ve adına bir fon açtı. Gözlemevi için seçilen yer, Baltık'da deniz yüzeyinden fazla yüksek olmayan (bugün Ven denilen) Hven adasıydı. Brahe 1576'da adada Uranienborg'u inşa etmeye başladı. Bina, köşeleri kuzeyi, güneyi, doğuyu ve batıyı gösteren bir bahçe olarak tasarlanan, kare biçimli, etrafı duvarlarla örülmüş geniş bir alanın ortasına yapıldı. Binada kitaplık ve kimya laboratuvarı da vardı.



Tycho Brahe'nin gözlemediği yeni yıldız.

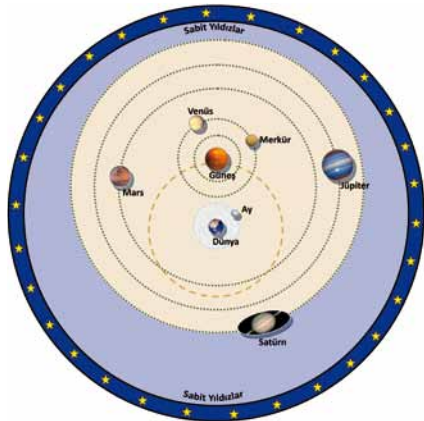
jisi büyük darbeler almıştır. Brahe'nin Aristotelesçi fiziği yıkması aslında kendisi açısından büyük bir şanssızlıktır. Çünkü Brahe, gerçekte Yer Merkezli Modeli benimsemiş bir astronomdur. Bu durum, Brahe'nin Kopernik'in Güneş Merkezli Modeli'nden habersiz olduğu anlamına gelmiyor, aksine o modele Aristoteles fiziğine aykırı olduğu ve Kitabı Mukaddes'le bağdaşmadığı gerekçesiyle karşı çıkıyor. Dolayısıyla Uranienborg'daki gözlemlerine Yer Merkezli Model'in evrenin gerçek yapısını yansıtan



"Akşam üzeri, günbatımından sonra başımın tam üzerinde ışık saçan, parlaklık bakımından bütün ötekilere baskın çıkan yeni ve olağan olmayan bir yıldız dikkatimi çekti. Çocukluğumdan beri gökteki yıldızları çok iyi bildiğimden, o yerde daha önce hiç yıldız olmadığı, hatta onun kadar dikkati çekecek ölçüde parlayan, yıldız denilebilecek en ufak bir şey bile olmadığı benim için çok açıktı. Fakat başkalarının da onu görebildiğini gözleyince, artık hiçbir kuşku kalmadı. Bu, ya Dünya'nın başlangıcından beri bütün bir doğa tarihinde ortaya çıkan en büyük mucizeydi ya da mutlaka Kutsal Kehanetlerin açığa vurduğu mucizeler arasında yer alan mucizelerden biriydi."

Şanssızlık Brahe'nin peşini bırakmıyordu. Gözlemlerine aralıksız devam eden ve gökyüzünün gerçek yapısını ortaya koymak için çalışan Brahe, 1577 yılında harika bir gözlem daha gerçekleştirdi ve bir kuyruklu yıldız gözlemledi. Gözlemlerine bir süre devam eden Brahe, kuyruklu yıldızın yörüngesinde bir gariplik olduğunu fark etti. Kuyruklu yıldız bilinen gezegen yörüngelerine çapraz bir şekilde ilerliyordu. Aristoteles fiziğine göre, gezegenler kristal kürelere çakılıydı. Kuyruklu yıldız bu küreleri kırarak ilerliyordu, ne tuhaftır ki gezegenlere bir şey olmuyordu. Bu da yetmezmiş gibi, bu yıldızın bulunduğu bölge de Ay küresinin dışında ve çok uzağında. Bu bakımdan da Aristoteles kozmolojisine aykırıydı. Çünkü Aristoteles'e göre, kuyruklu yıldızlar Yer'den çıkan buğuların Ay küresinin altında birikmesiyle oluşmaktaydı. Brahe'nin yaptığı gözlemler bu bakımdan da Aristoteles kozmolojisine aykırı bir durumun varlığını kanıtlamış oluyordu.

Tycho Brahe tam yirmi yıl gözlem yaptı. Artık yaşlanmıştı ve iri cüsseli gözlem araçlarını kullanmak ona zor geliyordu. Daha fazla gözlem yapacak durumda değildi, zaten yeterince gözlem kaydı elde etmeyi başarmıştı. Artık evrenin gerçek yapısına uygun bir model önermesinin zamanı gelmişti. Gözlemler Yer Merkezli Evren Modeli'nin ciddi sorunlarının ve yetersizliklerinin olduğunu açıkça göstermişti. Diğer taraftan Güneş Merkezli Evren Modeli'nin de bilimsel, düşünsel ve teolojik açılardan açıklanmaya muhtaç yönleri vardı. Bu durumda iki model arasında bir seçim yapmak anlamlı görünmüyordu. Yapılacak en uygun seçim iki modeli tek bir model biçiminde kurgulamaktı. Brahe bu düşüncesini hayata geçirmek için şu gerekçeleri oluşturdu:



Tycho Brahe'nin Evren Modeli

- Dünya bir gezegense, o zaman havaya atılan bir okun, ok havadayken Dünya batıdan doğuya doğru hareket edeceği için, hedeflenen noktaya düşmemesi gerekir. Ancak gözlemler daima okun hedefine düştüğünü göstermektedir. Demek ki Dünya dönmüyor.

- Eğer Dünya hareket ediyorsa, yıldızları değişik açılardan görmeliyiz. Ama böyle bir etkilenme de söz konusu değil. Bu durumda iki olasılık var. Ya Dünya hareket etmiyor ya da Dünya ile yıldızlar arasında çok büyük boşluklar var ve bu nedenle biz yıldızlardaki değişimleri gözlemleyemiyoruz.

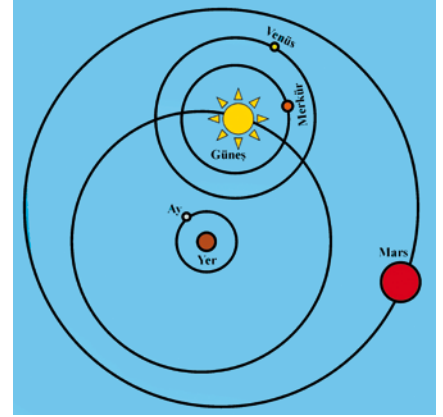
- Dünyanın hareket etmesinin dini açıdan da sakıncaları vardır. Çünkü Hıristiyan dininin kutsal kitabına göre Güneş'e hareket verilmiştir. Dur denince duracaktır. Bu nedenle hareketli olan Dünya değil, Güneş'tir.

Bu kabuller ışığında Tycho Brahe Dünya'nın merkezde olduğu, Güneş'in Dünya'nın, gezegenlerin de Güneş'in etrafında döndüğü yeni bir model geliştirdi. Bu modelin esası başat konumda bulunan Kopernik ve Ptolemaios modellerini bir arada barındırmasıdır.

Brahe'nin önerdiği Yer-Güneş Merkezli Evren Modeli'ne göre, Yer evrenin merkezinde ve durağandır. Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn Güneş'in etrafında, Güneş ve Ay ise Yer'in etrafında dolanmaktadır. Evren sonludur ve sabit yıldızlar küresi evrenin sınırınıdır. Sabit yıldızlar küresi 24 saatte bir Yer'in etrafında dolanmaktadır. Ayrıca Brahe de gezegen hareketlerini açıklamak için daha önce Yer Merkezli ve Güneş Merkezli modellerin kullandıkları çembermerkezli ve dışmerkezli düzenekleri kullanmıştır. Yer-Güneş Merkezli (geoheliocentric) Model, Yer'i durağan kabul ettiği için Güneş Merkezli Model'in açıklamakta zorlandığı paralaks, yani yerin hareket etmesine bağlı olarak yıldızların görünür konumunun değişmesi sorununu da çözmüştü.

Bu anlatılanlar, Brahe'nin önerdiği modelin esasen eklektik bir yapıya dayandığını göstermektedir. Kopernik'in Güneş Merkezli Modeli önermesinde olduğu gibi, Brahe de bu modelin mucidi değil modern dönemde yeniden bilim insanlarının gündemine getiren kimsedir. Çünkü Yer-Güneş Merkezli Evren Modeli'nin temel düşünsel formu Antik Çağ'da yaşamış Pontuslu Herakleides'e aittir. MÖ 4. yüzyılın başlarında Pontus'ta doğan Herakleides (ölümü MÖ 318-310 civarı), Knidoslu Eudoksos'un (MÖ 408-355) ileri sürdüğü Ortak Merkezli Küreler Modeli'nin karmaşık ve kullanışsız yapısını dikkate alarak,

daha iyi bir matematiksel sistem önermeyi planlamıştır. Çalışmaları sonucunda, Tycho Brahe'den çok daha önce Yer-Güneş merkezli bir evren modeli geliştirmeyi başarmıştır.



Pontuslu Herakleides'in evren modeli

Herakleides, Yer'in hareketi meselesini de tartışmış ve Yer'in kendi etrafında döndüğünü varsaymıştır. Önerdiği Yer-Güneş Merkezli Evren Modeli'ne göre Yer, Güneş Sistemi'nin merkezinde bulunmaktadır. Güneş, Ay ve dış gezegenler (Mars, Jüpiter ve Satürn) Yer'in çevresinde dairesel yörüngeler üzerinde dolarken, iç gezegenler (Merkür ve Venüs), Güneş'in çevresinde dolmaktadır. Herakleides'in modeli, aslında Yer'i merkeze alan ve onun hareket etmediğini varsayan görüşle (yani sonradan Ptolemaios aracılığıyla son biçimini alan görüşle), Güneş'i merkeze alan ve Yer'in hareket ettiğini ileri süren görüş (yani daha sonra Kopernik ile son biçimini alan görüş) arasındaki geçişi temsil etmektedir. Modelin Yer'in kendi eksenini etrafında, Güneş'in de Yer'in etrafında dolandığını ve Yer'in Güneş sisteminin merkezinde bulunduğunu esas alan özelliği sayesinde, Herakleides, gezegenlerin ve yıldızların günlük hareketlerinin Yer'in kendi eksenini etrafındaki dönüşünden kaynaklandığını söyleyebilmiş, 24 saatlik günlük değişimleri doğru bir biçimde açıklayabilmiştir.

Böylece Pontuslu Herakleides'in her bakımdan Brahe'nin önerdiği evren modelini öncelendiği anlaşılmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Brahe'nin önemi geliştirdiği modelden değil yaptığı gözlemlerden kaynaklanmaktadır. Çünkü Yer-Güneş Merkezli Model özgün değildir. Ancak Brahe'nin yaptığı gözlemlerle, Aristoteles fiziği ve kozmolojisi büyük darbeler almıştır. Yukarıda değinilen 1572'deki yeni yıldız ve 1577'deki kuyruklu yıldız gözlemleri Aristoteles kozmolojisine aykırıdır.

Böylece Brahe'nin Herakleides'in modelini canlandırmasıyla Antikçağ'da aykırı bulunarak önemsenmeyen bir model daha modern dönemin başlarında yeniden hayat bulmuş olmaktadır. Antik Çağ'da aykırı bulunan modellerden biri Güneş Merkezli, diğeri de Yer-Güneş Merkezli modeldi. O dönemde aykırı kabul edilen her iki modelin yeniden alması olarak görülmesinin ve bilim topluluklarının gündemine gelmesinin Rönesans'ta olması dikkat çekicidir ve Rönesans'ın Antik kültüre ne denli bağlı olduğunu göstermesi bakımından da önemlidir.

Daha önce değinildiği üzere Kopernik'in Güneş Merkezli Modeli, Yer Merkezli Model'den çok daha başarılı değildi. Ayrıca henüz yeni fizik kurulmadığından, Güneş'in evrenin merkezinde ve Yer'in de bir gezegen gibi onun çevresinde döndüğünün kanıtı da verilemiyordu. Bu nedenle, astronomlar Kopernik'i hemen kabul etmediler. Ancak Kopernik Modeli'yle birlikte astronomların karşısına gök olaylarının hesabını verebilen iki sistem çıkmıştı. Bunlardan hangisinin evrenin gerçek yapısını yansıttığının bilinmesi gerekiyordu. Bu da doğru gözlemler yapmakla mümkün olacaktı. Gerçekten hassas gözlemler yapan Brahe'nin sorunu çözmesi bekleniyordu, ancak o çözmek yerine eklektik bir yeni model önermekle yetindi.

Bu sıralarda olup bitenler bunlarla sınırlı değildi. Geleceğin parlak astronomlarından birisi olacak olan Kepler de koltuğunun altında Kozmik Giz (Mysterium Cosmographicum) adlı kitabıyla ortalarda dolaşıyordu. Brahe bu kitabı görmüştü. Kitap astronomi açısından değersiz olmakla birlikte, içerdiği yüksek matematik bilgisiyse dikkat çekiyordu. Brahe genç Kepler'i Hven Adası'na çağırma kararı



Brahe'nin kullandığı kadrans

verdi. Kepler bu çağrıya olumlu yanıt vererek Brahe ile çalışmaya başladı. Birlikte yaklaşık iki yıl çalıştılar. Brahe'nin aksine Kopernik kendi modelini savunuyordu. Ancak Kopernik Modeli de henüz problemleri çözmekte yetersizdi. Bununla birlikte Brahe'nin olağanüstü gözlemleri yeni fiziğe giden yolun açılmasında bir başlangıç yaratabilirdi. Brahe genç meslektaşına bu görevi vasiyet etmeye karar verdi. Vasiyeti iki konuyu içeriyordu:

- 1) "Gözlem kayıtlarımı düzenleyerek kitap halinde yayımla"
- 2) "Mars gezegeninin yörüngesini tam olarak belirle"

Kepler'in bu vasiyetin birinci kısmını yerine getirmesi kolay oldu. Ancak bütün matematik bilgisini ve yeteneğini kullanmasına rağmen Mars'ın yörüngesi daireye uymuyordu. Kepler uzun denemelerden sonra, gezegenlerin yörüngelerinin daire değil elips olduğunu belirledi. Böylece astronomi tarihinde yeni bir döneme girilmiş oldu.

Bu dönem teleskobun bir gözlem aracı olarak kullanılmadığı son dönemdir. Bu dönemi belirleyen etmen, Brahe'nin işlerinde teleskop olmayan birçok yeni gözlem aracı ve gereciyle gezegen hareketlerini gözlemlemesidir. Aslında Kopernik Modeli de teleskop öncesi gözlem araçlarıyla ulaşılan sonuçlara dayanılarak ortaya koyulmuştu. Bu dönemde gezegenlerin konumları, Hipparkhos (MÖ 190-120) ve Ptolemaios'un (MS 150'ler) çalışmalarına dayanılarak hesaplanmaktaydı. Yapılan hesaplamaların yetersizliği Brahe'nin dikkatini çekmişti. Nitekim Jüpiter'in ve Satürn'ün birbirlerine en yakın konuma gelme zamanının hesaplarında, yaklaşık bir aylık yanılğı ortaya çıkıyordu. Bu tür yanılğların giderilmesi için Brahe, 5,8 m çapında, dev bir kadrans yaptırdı. Bununla gezegenlerin yerleri, derecenin 60'da biri hassaslıkla ölçülebiliyordu.

Bu dönemin ardından 1609'da Galileo Galilei'nin (1564-1642) kendi imal ettiği teleskobuyla yaptığı gözlem kayıtlarına dayanılarak oluşturulan daha kesin verilerin yardımıyla ve Isaac Newton'un (1642-1727) mekanik kanunları ışığında, Güneş Merkezli Evren Modeli'nin birçok temel ve nispeten daha karmaşık problemlerinin çözümlenmeye başlandığı evre gelmektedir. Bu evreyi tamamlayan çalışmalar Kepler Yasaları, Galileo'nun yeni mekaniği ve Newton'un gök dinamiğidir.

Kaynaklar

- Abetti, G., *The History of Astronomy*, Sidgwick and Jackson, 1954.
- Aristoteles, *Fizik*, Çev. Saffet Babür, Yapı ve Kredi Yayınları, 1997.
- Bernal, J. D., *Modern Çağ Öncesi Fizik*, Çev. Deniz Yurtören, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1995.
- Berry, A., *Bilimin Arka Yüzü*, Çev. Levent Aysever, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1996.
- Bynum, W. E., *Dictionary of The History of Science*, Princeton University, 1984.
- 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 Sanoğlu, Sabancı Üniversitesi Yayınları, 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.
- Kuhn, T. S., *Kopernik Devrimi*, Çev. H. Turan, D. Bayrak, S. K. Çelik, İmge, 2007.
- Middleton, W. E. K., *The Scientific Revolution*, Schenkman Pub. Co., 1963.
- Ronan, Colin A., *Bilim Tarihi*, Çev. Ekmeleddin İhsanoğlu & Feza Günergun, TÜBİTAK Akademik Dizi, 2003.
- Sayılı, Aydın, *Copernicus ve Antikal Yapıtı*, *Unesco Türkiye Milli Komisyonu*, Ankara 1973.
- Tekeli, S. vd., *Bilim Tarihine Giriş*, Nobel, 2010.
- Timuçin, A., *Descartes Felsefesine Giriş*, Kuram Yayınları, 1980.
- Topdemir, H. G. ve Unat, Y., *Bilim Tarihi*, Pegem, 2008.
- Unat, Y., *Astronomi Tarihi*, Nobel, 2001.
- Whitfield, P., *Batı Biliminde Dönüm Noktaları*, Çev. S. Uslu, Küre Yayınları, 2008.



Brahe ve Kepler'in Heykelleri. 1984 yılında yapılan bu heykel, Brahe'nin Prag'da bir süreye yaşadığı yerin yakınında bulunmaktadır.