KİLİKYA FELSEFE DERGİSİ Sayı: 2, Ekim 2020, 229-246.
KİLİKYA JOURNAL OF PHILOSOPHY Issue: 2, October 2020, 229-246.

Makale Geliş Tarihi | Received: 23.07.2020 E-ISSN: 2148-9327
Makale Kabul Tarihi | Accepted: 30.09.2020 http://dergipark.org.tr/kilikya
Araştırma Makalesi | Research Article

FİZİK VE ASTRONOMİ BİLİMLERİNDEKİ GELİŞMELER BAĞLAMINDA MODERN DÖNEM DOĞA TASARIMININ OLUŞUMU ÜZERİNE BİR SORGULAMA

Seçil ÖZDEMİR*

Öz: Modern doğa tasarımının oluşumunu Kopernik ile başlatmak gerekmektedir. Çünkü, onun ortaya koyduğu evren tasarımı, Aristoteles'in ve Batlamyus'un düşüncelerine dayalı evren tasarımının eksikliklerine dikkat çektiği gibi, onların tasarımından kaynaklanan insana, doğaya ve evrene ilişkin yerleşik kabullerin değişmesinin ve yeni kabullerin oluşmasının başat nedenidir. Bundan dolayı ileri sürdüğü yeni evren tasarımı ancak Brahe'nin, Galileo'nun, Kepler'in ve Newton'un çalışmalarıyla tamamlanabilmiştir. Bilimsel gelişmeler ve dönemin düşünce yapısı üzerinde durulmuştur. Bu makalenin amacı da sözü edilen bu gelişimi adı geçen bilim insanlarının başarıları ışığında anlattıktan sonra, modern döneme egemen olan doğa tasarımının belirgin bir resmini oluşturmaktır. Resmin bütünüyle fizik ve astronomideki gelişmeler ışığında oluşturulduğuna dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Kopernik, Brahe, Kepler, Galileo, Newton

AN INQUIRY ON THE GENESIS OF MODERN PERIOD IDEA OF NATURE IN THE CONTEXT OF DEVELOPMENTS IN PHYSICS AND ASTRONOMY SCIENCES

Abstract: It is essential to admit that the genesis of the modern idea of nature starts with Copernicus. The idea of universe he put forward points to the shortcomings of the idea of the universe proposed by of Aristotle and Ptolemy. Also, his ideas led to changes in the established recognitions related to the human, nature and universe, arising from their design, and are the main reason for the genesis of new recognitions. Therefore, the new idea of universe he proposed could only be completed with the works of Brahe, Galileo, Kepler and Newton. Scientific developments and the thought structure of the period are emphasized. The purpose of this article is to depict a clear picture of the idea of nature that dominated the modern period after explaining

* Doktora Öğrencisi | Phd Student
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Felsefe Anabilim Dalı, Türkiye | Mugla Sıtkı Kocman University, Social Sciences Institute, Philosophy Program, Turkey
s.secilozdemir@gmail.com.tr
Orcid Id: 0000-0001-7718-5718

Özdemir, S. (2020). Fizik ve Astronomi Bilimlerindeki Gelişmeler Bağlamında Modern Dönem Doğa Tasarımının Oluşumu Üzerine Bir Sorgulama. ***Kilikya Felsefe Dergisi*****, (2), 229-246.**

this development in the light of the achievements of the above-mentioned scientists. It should be noted that the overall discussion is entirely in the light of developments in physics and astronomy.

Key Words: Copernicus, Brahe, Kepler, Galileo, Newton

1. Giriş

Bilindiği üzere, evren ve doğaya ilişkin ilk fizik açıklama Aristoteles'e aittir ve onun ortaya koymuş olduğu evren anlayışı her ne kadar gökyüzü hakkında yeni bilgiler ileri sürmemiş olsa da Kopernik'in ileri sürdüğü Güneş Merkezli Model tarafından sarsılmıştır. Bu sarsıntı Rönesans aydınları tarafından büyük bir düşünce devrimi olarak görülmüş ve devrim olarak nitelendirilmiştir. Gerçekte devrimin özü evrenin merkezinin Yer değil Güneş olduğu iddiasından ibarettir. Diğer taraftan, zaten Kopernik'ten önce Güneş Merkezli Evren Modelinin düşünülmüş[1] olmasıdır. Dikkat çeken husus ise bu düşüncelerin Kopernik'in düşünceleri gibi bir etki yaratamamış olmalarıdır. Bunun birçok nedeni olmakla birlikte, en önemlisi Rönesans'ın yarattığı yeni olana daha ılımlı bakma atmosferinde ileri sürülmüş olmasıdır.

2. Kopernik Devriminin Analizi

Yeni bir evren modeli önermeyi ve gelecek kuşakların uzun süre tartışmalarına yol açacak bir düşünce geleneğinin temellerini atmayı başarmış olan Kopernik, bilimin Batı Orta çağları boyunca süren verimsizliğine de son vermiştir. Peki, aslında Kopernik ne yapmıştır? Bunun için önceki evren modeline ilişkin olarak Kopernik'in yaptığı değerlendirmeleri eleştirel olarak incelemek yeterli olacaktır. (Ball, 2015, ss. 45-6)

Kopernik, Yer Merkezli Evren Modelinin kabullerini incelemiş ve her birinin rahatlıkla çürütülebileceğini görmüştür. Bunun için kendi savlarını ve karşı çıkışlarını geliştirmiş, bunları da *Gök Kürelerinin Döngüsel Hareketi* adlı kitabında yayımlamıştır. Buradaki ilk savı, Batlamyus'un 24 saatte bir yıldızların ve diğer tüm gökcisimlerinin tam bir dolanım yaptıkları izlenimine yol açan, aslında Yer'in kendi ekseni etrafındaki dönüşünden kaynaklandığı halde, sanki gerçekmiş gibi kabul ettiğine yöneliktir. Kopernik *hayal edilemez* kadar büyük olarak tanımladığı bütün göğün döndüğü kabulünü (Ball, 2015, s. 47) Batlamyus'un yanılgısı olarak adlandırmış ve konuya ilişkin varsayımlar oluşturmuştur: Gökyüzünde gözlemlenen hareketler ya Yer'in durağan ve yıldızların hareketli, ya da Yer'in hareketli ve yıldızların durağan olmasından, başka bir deyişle gezegenlerdeki geri ve ileri gidiş gibi görünen hareketler, gezegenlerden değil, Yer'den kaynaklanır. Dolayısıyla sadece Yer'in hareketi gökyüzündeki bunca çok çeşitteki değişikliklerin açıklanması için yeterlidir (Copernicus, 2002, s. 9). Ona göre aslında Batlamyus da bunu sezmişti, ancak Yer'in dönmesinin yaratacağı sorunların büyüklüğünden ürktüğü için görmezden geldi (Ball, 2015, s. 47). Çünkü Yer'in hareket

[1] Söz konusu evren modeli, Sisamlı Aristarkhos (M.Ö. yaklaşık 310-230) tarafından geliştirilmiştir. Ayrıntılı bilgi için bkz., Hüseyin Gazi Topdemir, "Tarih Boyunca Geliştirilmiş Evren Modelleri- 1, Güneş Merkezli Evren Modeli", *Bilim ve Teknik Dergisi*, Yıl: 44, Sayı: 519, TÜBİTAK, Ankara, Şubat 2011, ss. 104-105.

ettiğinin kabul edilmesine bağlı olarak çok sayıda ürkütücü senaryolar yazılmıştı. Bunlardan birine göre, Yer dönseydi, yaşamı imkânsız kılacak denli dev rüzgarlar oluşurdu. Kopernik kitabında Batlamyus'un konu hakkındaki düşüncelerini şöyle değerlendirmektedir: Yer dönseydi, bu hareket aşırı hızlı olacağından nesnelerin savrulması gerekirdi. Ayrıca canlılar ve ona kenetlenmiş kütleler, onun üzerinde kalamazlardı. Dik düşen nesneler de ağırlıklarına uygun yere düşmezlerdi. Aynı şekilde bulutları ve havada yüzen diğer şeyleri de hep doğuya doğru giderken görürdük (Copernicus, 2002, ss. 33-4). Kopernik'e göre bu inanışın nedeni böyle bir şeyin neden söz konusu olamayacağına ilişkin bilginin yetersizliğidir. Ona göre nasıl ki sokakta yürümemize rağmen ceketimiz bizimle hareket ediyorsa, hava da Yer ile hareket etmektedir. Diğer taraftan Yer döndüğünde böylesine büyük tehlike varsa, o zaman bunun yerine "devasa evren dönünce neden böyle bir risk görülmemektedir" sorusunu sormak daha anlamlıdır (Ball, 2015, s. 49). Düşünce tarihine devrim olarak geçen bu sorgulamanın tam olarak ne anlama geldiğini belirlemek için, biraz daha detaylandırmak gerekecektir.

Güneş Merkezli Evren Modelini yeniden gündeme taşıyan Kopernik'in birkaç temel noksanlıktan böyle bir yola gittiği anlaşılmaktadır. Bunlardan biri gökcisimlerinin hareketlerini göstermek için geliştirilmiş olan çeşitli çember düzeneklerinin sağladığı açıklamaların yetersizliğidir. Kopernik, yukarıda sözü edilen kitabında, bu hususu ele almış ve bir yıldızın kendi yörüngesinde merkeze göre her zaman eş hızla dönmediği anlaşılınca daha fazla çember eklendiğini, bunun da çember sisteminin yetersizliğini gösterdiğini belirtmiş ve kendi gerekçeli kabullerini ortaya koymuştur (Copernicus, 2002, ss. 8-9):

> 1) Bütün gökkürelerinin merkezi tek değildir. 2) Yer evrenin merkezi değil, Ay çemberinin merkezidir. 3) Bütün gökküreleri Güneş'in çevresinde dönerler; bunun için evrenin merkezi Güneş'in yakınındadır. 4) Güneş ile Yer arasındaki uzaklığın Sabit Yıldızlar Küresi yüksekliğine oranı, Yer yarıçapı ile Güneş uzaklığı arasındaki orana göre öyle küçüktür ki, Güneş-Yeryüzü uzaklığı Sabit Yıldızlar Küresi yüksekliğine göre çok önemsiz kalır. 5) Sabit Yıldızlar Küresinde harekete bağlı gibi görünen bir şey, oradan değil Yer'den kaynaklanır. Dolayısıyla Sabit Yıldızlar Küresi hareketsizdir. 6) Güneş'te bize hareketlerden kaynaklanıyormuş gibi görünün her şey, Güneş'in değil, bizim Güneş'in çevresinde döndüğümüz için oluşur. Bu demektir ki, Yer birden fazla harekete sahiptir. 7) Gezegenlerin ileri geri hareketi gezegenlerden değil yerden kaynaklanır.

Bu kabullerine dayanarak öncelikle Yer'in ve Güneş'in konumunu, Yer'de ve Güneş'te gözlemlenen hareketleri analiz eden Kopernik, Yer'in hareket ettiğini belirlemiş ve sonuçta dikkatini Yer'in hareketinden neden korkulduğu konusuna yöneltmiş ve bunun nedeninin gereksiz biçimde yerleşik hale gelmiş olan "ağır cisim nedensiz hareket etmez" inancı olduğunu belirleyerek (Copernicus, 2002, s. 10) bunun anlamsız olduğuna karar vermiştir. Çünkü ona göre, gezegenlerin yaklaşıyor ya da uzaklaşıyor gibi görünmeleri, Yer'in onların yörüngelerinin merkezi olmadığını açıkça göstermektedir. Öyleyse Yer'in merkezde hareketsiz bulunduğu iddiası kanıta dayalı bir bilgi değil, yaygın bir inançtır (Copernicus, 2002, ss. 29-30). Öte yandan yukarıda değinildiği üzere,

Yer hareket ettiğinde bin bir güçlük çıkıyorsa, evren hareket ettiğinde daha büyük ve içinden çıkılmaz güçlüklerin olacağı açıktır. Öyleyse evrenin hareket ettiği konusu da yeniden ele alınmalıdır; başka bir deyişle bu da kanıta dayanmayan bir iddiadır (Copernicus, 2002, s. 31). Çünkü belirtildiği gibi bunu savunanların tek dayanağı ağırlık üzerinde oluşturdukları kabulden başka bir şey değildir. (Copernicus, 2002, s. 33)

Kopernik'e göre bir diğer tutarsızlık da hareketinden söz edilirken sanki Yer'e hareket zorla yaptırılıyormuş düşüncesine dayanılmasıdır. Doğal olanın hareketi de doğaya göre olur (Copernicus, 2002, s. 34) diyen Kopernik, haklı olarak şu akıl yürütmede bulunmaktadır. Batlamyus, Yer'in hareketinden kaygı duyarken, hayal edilemez bir hızla hareket ettiğini savunduğu gökyüzü hakkında kaygılanmamaktadır. Oysa devasa büyüklükteki gökyüzü hareket ettiğinde büyüklüğü de artacak, en sonunda sonsuz olacaktır. Sonsuz olan ise aşılamaz ve hiçbir orantı ile hareket edemez, dolayısıyla gökyüzü zorunlu olarak durağandır (Copernicus, 2002, ss. 34-5). Çünkü gökyüzü hareketli kabul edildiğinde gözlemlendiği düşünülen gece ve gündüz, yıldızların doğuşu ve batışı, gezegenlerin ileri geri hareketleri vb. her şey, Yer hareket ettiğinde de aynen gerçekleşecektir (Copernicus, 2002, ss. 38-9). Bu çıkarımıyla Kopernik artık gezegenlerin merkezinde Güneş'in bulunduğunu savunmaya başlar.

Gezegenlerin hepsinin ortasında Güneş durur. Niçin Jüpiter'deki gidiş ve gelişler Satürn'den daha büyüktür, Mars'takinden daha küçüktür, Venüs ve Merkür'ünkinden daha büyüktür ve Mars tüm gece gökyüzünde bulunduğunda Jüpiter'e eş büyüklükte görünmektedir? Çünkü Yer hareket etmektedir (Copernicus, 2002, s. 44). Bu durumu şöyle detaylandırmak mümkündür: Örneğin Mars'ın bir tam turunu tamamlarken gözlemlenen düzensiz hareketleri vardır. Genelde batıdan doğuya doğru ilerlerken zaman zaman durup geriye dönüp daha sonra tekrar ileri doğru gitmektedir. Kopernik bu hareketin, Yer'in hareketin bağlı olarak gerçekleştiğini göstermiştir (Ball, 2015, s. 52). Nitekim Yer'in durağan olduğu anlayışı Galileo'nun çabalarıyla sonsuza dek yok olacaktır. Kopernik'in kuramının bir diğer başarısı da Yer'in uzayda desteksiz bir şekilde durduğu iddiasını savunulur hale getirmesidir. Böylece yüzyıllardır kabul görmüş olan Yer'in fizik ve metafizik gerekçelerle belirlenmiş konumunu değiştirmiştir. Kopernik sağduyuya dayanmanın her zaman iyi sonuç vermeyeceğini bazen soyutlama ve idealleştirme yapmak gerektiğine vurgu yapmıştır. Mevcut olan düşünce sistemini değiştirmek için yeterli koşulları sunmasa bile iyi bir başlangıç olmuştur. Zira Yer'in kendi ekseni etrafında dönmesini temellendirmek daha kolaydı. Asıl zor olan Yer'in diğer gezegenlerle birlikte Güneş'in etrafında dolandığını ve aynı zamanda Yer'in bu hareketini bir yıl da nasıl tamamladığını açıklamaktı (Ball, 2015, s. 51; Topdemir, 2011, s. 103). Bu ve benzeri daha karmaşık soruların cevapları modern dönem fizik ve astronomisinin temel konularını oluşturacaktır. İlk önemli araştırma hangi modelin, Yer merkezli mi yoksa Güneş merkezli mi olanın evrenin gerçek yapısını temsil ettiğinin belirlenmesidir ve bu işi Tycho Brahe üstlenmiştir.

3. Tycho Brahe ve Melez Evren Modeli

Kopernik'in Güneş Merkezli Modeli yukarıda değinildiği şekilde pek çok yeniliğe kapı aralasa da, Yer Merkezli Modelden daha ileri bir nitelik taşımamaktaydı. Öncelikle

Yer'in hareket ettiğinin doğrulanması için yeni fizik bilgilere ihtiyaç vardı ancak yeni fizik henüz kurulmamıştı. Bu nedenle astronomlar Kopernik'in sistemini hemen kabul etmediler; ancak karşılarında iki sistem vardı ve birini seçmeliydiler. Ayrıca bunlardan hangisinin evrenin yapısını açıkladığının bilinmesi gerekiyordu. Bunu yapmanın tek yolu da dakik gözlemler yapmaktı. Bu görevi Tycho Brahe yüklendi. (Tekeli, ve diğerleri, 2001, s. 267)

Çocukluğunda gözlemiş olduğu Güneş tutulmasından çok etkilenen Brahe, konu hakkında detaylı bilgi edinme arayışına girişmiş ve sonuçta Batlamyus'un gök bilim üzerine olan çalışmalarına ulaşmıştır (Ball, 2015, s. 58). Brahe, çok erken yaşlarda ve gerekli gözlem araçlarına sahip olmasa da gezegenlerin hareketlerini ve gökyüzünde aldıkları konumları hesaplamaya çalışmış ve pergel yardımıyla iki yıldız arasında görünürdeki açısal mesafenin derecesini belirleyebilmiştir (Ball, 2015, s. 59). İlerleyen yıllarda Kopernik'in çalışmalarını inceleyen Brahe, evrenin merkezine Güneş'in koyulmuş olmasından rahatsızlık duymuş ve eleştirmiştir. Ona göre Kopernik'in sistemi hem fizik yönünden hatalıydı hem de Kutsal Kitaba aykırıydı. Yer merkezde ve hareketsiz olmalıydı. Batlamyus'un sisteminin yetersiz olduğunun da farkındaydı. Bu nedenle her iki sistemi de içine alan yeni bir sistem önerdi. Yer merkezdedir, Ay, Güneş ve dış gezegenler Yer'in etrafında dönmektedir. Merkür ve Venüs ise Güneş'in etrafında dönmektedir. Böylece hem Batlamyus'a hem Kopernik'e hem de Aristoteles'e sadık kalmış olmayı (Tekeli, ve diğerleri, 2001, s. 267) ummuştu. Pontuslu Herakleides'ten[2] ödünç aldığı bu sistem rağbet görmemiştir. Lakin onun yapmış olduğu gözlemler ile Aristoteles fiziği ve kozmolojisi büyük darbeler almıştır. Çok dakik bir biçimde 777 tane yıldızı gözlemlemeyi başarmıştır (Topdemir & Unat, 2018, s. 194). Buna karşın 1572 yılı Tycho'nun bütün beklentilerinin yıkılmasına neden olacak gelişmelerin gerçekleştiği yıl olmuştur. İlk sürpriz gökyüzünde yeni bir parlak yıldız görmesi (Ball, 2015, s. 66) olmuştur. Bu gözlemi haklı olarak kafasının karışmasına yol açmış ve karışıklığı gidermek için önce yıldızın uzaklığını belirlemeye çalışmış, Ay üstünde olduğunu belirleyince (Ball, 2015, s. 68) hayal kırıklığına uğramıştır. Çünkü bu parlak gökcisminin Ay-üstü evrende oluş ve bozuluşa yer vermeyen Aristoteles fiziğince öngörülmesi söz konusu olamazdı. Evrenin bu kısmı kendisi de mükemmel olan eterden ibaretti. Oysa Brahe'nin gözlemlediği yıldız yeniydi ve Aristoteles'in sözü edilen kabulüne aykırı bir olguydu. Böylece çaresiz kalan Brahe, nihayetinde yıldıza ilişkin gözlemlerini *De Nova Stella* (Yeni Yıldız Üzerine, 1573) adlı (Topdemir, 2011, s. 103) kitabında derlemekle yetindi.

Brahe, 1577 yılında ise bir kuyruklu yıldız gözlemlemiş ve bu yıldızın Ay küresinin çok uzağında olduğunu hesapladıktan sonra, Kuyruklu yıldızın yörüngesinde bir gariplik olduğunu fark etmiştir. Gariplik şudur: Kuyruklu yıldız bilinen gezegen yörüngelerine çapraz bir şekilde ilerliyordu ki, bu durum gezegenlerin kristal kürelere çakılı bir şekilde konumlarında bulunduklarını öngören Aristoteles fiziğine aykırıydı. Kuyruklu yıldız bu küreleri kırarak ilerliyordu lakin gezegenlere hiçbir şey olmuyordu. Üstelik bu

[2] Pontuslu Herakleides'in Yer-Güneş Merkezli Modeli hakkında bilgi için bkz. Hüseyin Gazi Topdemir, "Tarih Boyunca Geliştirilmiş Evren Modelleri-3 Yer-Güneş Merkezli Evren Modeli", *Bilim ve Teknik Dergisi*, TÜBİTAK, Yıl: 44, Sayı: 520, Mart 2011: 102-105.

yıldızın bulunduğu bölge Ay küresinin çok uzağındaydı (Topdemir, 2011, s. 104). Bu gözlem de Aristoteles kozmolojisine aykırıydı. Çünkü Aristoteles'e göre kuyruklu yıldızlar Ay küresinin altındaydı (Topdemir & Unat, 2018, s. 196). Böylece yaptığı gözlemlerle Brahe Aristoteles fiziğini ve kozmolojisini bütünüyle geçersiz kılmıştır. Brahe'nin bir diğer sözü edilmesi gereken yönü de dakik gözlem kayıtlarını Kepler'e vermesi ve bu yoldan yörüngelerin elips olduğunun bulunmasına fırsat tanımasıdır. (Unat, 2013, s. 151; Topdemir, 2011, s. 105)

4. Kepler ve Elips Yörünge Kanunları

1597 yılında Brahe'nin yanına giden Kepler, sahip olduğu gözlem verileri sayesinde Kepler Yasaları olarak bilinen yasaları keşfetmiş ve çalışmalarında Pitagorcu düşünceyi esas alarak gök olaylarını matematik bağlantılarla açıklayabilmiştir (Ural, 2016, ss. 220-21). Asıl amacı "göksel mimarlık" dediği düzenlilikteki geçerli matematik uyumu göstermek olan Kepler, *Mysterium Cosmographicum* adlı kitabında gezegen hareketlerini geometrik eğrilerle belirlemeye çalışmıştır (Topdemir & Unat, 2019, ss. 171-72; Westfall, 1987, s. 3). İlk denemesi başarılı olamasa da, daha sonra Brahe'nin gözlem kayıtlarını inceleyen Kepler, kayıtlardan anlam çıkarmaya çalışmış, çalışmalarını yaparken Kopernik'in sistemini temel almıştır. Brahe'nin çalışmalarından yararlanarak tekrar tekrar yaptığı incelemelerinin sonucunda gezegenlerin daireler üzerinde dolandığı temel prensibini terk ederek, ünlü üç yasasını ortaya koymayı başarmıştır. Brahe'nin gözlemlerini kendi gözlemleri ile karşılaştırdığında, Mars'ın karşıtlık ve kavuşum durumlarında dairesel yörüngeler çizdiğini ancak diğer konumlarda yörüngesinin daire içerisinde kaldığını keşfeden Kepler, bu keşfi kafasında daire dışında eğriler kullanması gerektiği düşüncesinin uyanmasına yol açmış ve uzun uğraşlar ve denemeleri sonucunda yörüngenin eliptik olması gerektiğini bulmuştur. Dış merkezli ve eş merkezli dairelerin bütün karmaşıklığı elips yörüngelerin yalınlığında kaybolup gitmişti (Tekeli ve diğerleri, 2001, ss. 298-99; Berry, 1961, ss. 182-83; Westfall, 1987, s. 11). Ünlü Kepler Yasaları şunlardır (Tekeli, ve diğerleri, 2001, s. 300):

> 1) Yer'de dahil olmak üzere, gezegenler, odaklarının birinde Güneş'in bulunduğu elips üzerinde dolanırlar.
> 2) Güneş'le gezegeni birleştiren doğru parçası, eşit zamanlarda eşit alanları süpürür.
> 3) Gezegenlerin periyotlarının karelerinin, Güneş'e olan uzaklıklarının küplerine oranı birbirine eşittir.

1619 yılında yayımladığı *Evrendeki Uyum* adlı eserinde bu yasalarla ilgili görüşlerini açıklayan Kepler, (Bernal, 1995, ss. 185-86) gezegen hareketlerinin dinamik yönü üzerine de çalışmış, yaptığı hesaplamalarda gezegenin Güneş'ten uzaklaştıkça hareketinin yavaşladığını fark etmiştir. Bunun nedenini çözmeye çalışan Kepler, Güneş'teki güç ışıması kavramını ortaya atmış ve buna "anima motrix (hareket ettirici güç)" adını vermiştir. Bu güç Güneş'ten çıkıyordu ve ışıktan farklı olarak her yöne değil, gezegenlerin eliptik düzlemi boyunca yayılmaktaydı. Uzaklıkla güç ters orantılıydı. Böylece bir gezegenin hızı mesafeye bağlı olarak farklılık kazanmakta ve gezegenler kendi yörüngelerinde dolanabilmekteydiler (Topdemir & Unat, 2018, ss. 236-37). Kopernik ve Brahe'nin aksine Kepler, evrenin geometrik betimlemesi ile yetinmedi. Onu

harekete geçiren gücü de araştırdı. Güneş basit bir geometrik merkezden ziyade bir tür güç sisteminin de merkezindeydi. Gezegenlerin yörüngelerinde yaptıkları dönüşler bu gücün yansımasıydı. (Whitfield, 2008, s. 153)

Kepler'in gezegenlere ilişkin ikinci dinamik açıklaması ise mıknatıs özelliği üzerine kurguladığı düşüncesinde yer almaktadır. Buna göre gezegenler dev bir mıknatıstır. Her gezegen manyetik bir eksene ve iki kutba sahiptir. Bunlardan biri Güneş tarafından çekilirken diğeri itilir. Gezegenler Güneş'in alt çeyreğinde olduğunda uzun bir süre zayıf bir kuvvetle, üst çeyreğinde olduğunda kısa bir sürede, fakat güçlü bir kuvvetle çekimlenirler. Gezegenler üzerine olan bu görüşleri, Güneş sistemine mekanik anlam verme yolunda atılmış ilk adım olmakla birlikte, Kepler'in bunu ilerletememiş olması ciddi bir kayıptır. (Unat, 2013, ss. 158-60)

Kepler büyük astronomlardan biridir. Onun ortaya koyduğu üç kural Kopernik sisteminin anlaşılmasında büyük rol oynamış ve Newton'a giden yolu açmıştır. Kopernik, Ay ve gezegenlerin hareketlerinde olan düzensizlikleri de göz önünde bulundurmak üzere, Batlamyus'un sistemi kadar kompleks bir sistem oluşturmuştu. Kepler'in kuralları doğru hareketi tanımlamakla kalmamış, Güneş sisteminin temel basitliğini ve güzelliğini de açıklığa kavuşturmuştur. Bu basit formülasyon bilimin ilerlemesi için gerekli ve önemli bir başarıdır. (Fermi & Bernardini, 1961, s. 42)

1618 ile 1627 yılları arasında tamamladığı *Copernicus Astronomisinin Özeti* adlı kitabında kendi astronomi yönteminin Kopernik'ten ne kadar farklı olduğunu ortaya koyan Kepler'e göre hipotezler metafizik bir sisteme uyuyorsa bu memnuniyet vericidir. Uymuyorsa o zaman atılması gereken metafizik görüşlerdir (Mason, 2001, s. 122). Kepler'in ortaya koyduğu sistem, bazılarınca mistik bir hava taşıdığı gerekçesiyle eleştirilmiş olsa da, sisteminin esasını matematiğin oluşturduğu açıktır (Whitfield, 2008, s. 155). Başlattığı mekanik açıklama modeli, daha sonra değişime uğrasa da, etkinliğini korumuş, gök olaylarını mekanik problemler olarak ele almak yaygınlaşmıştır. (Westfall, 1987, s. 12)

5. Galileo ve Yeni Fizik

Modern bilimin oluşumunda Galileo'nun katkıları göz ardı edilemeyecek denli önemlidir. Bilimsel düşüncenin bugünkü düzeyine gelmesi büyük ölçüde Galileo'nun bilimsel çalışmalarının sonucudur. Bu çalışmalarını şöyle özetlemek mümkündür: Bilimsel çalışmanın nasıl yürütülmesi gerektiği konusunda ileri sürdüğü düşünceleriyle bilimsel çalışma sürecinin yeniden şekillenmesini sağlamıştır. Bu yönüyle yöntem konusunda çalışanların öncülerinden biridir. Fizik problemleri matematik analiz yoluyla ele alarak Newton'un önünü açmıştır. Kopernik sisteminin fizik temellerini ortaya koymaya çalışırken, Aristoteles fiziğini ve Yer merkezli evren anlayışını bertaraf eden sonuçlara ulaşmıştır. Evrenin yapısını ve geçerli yasalarını anlamak için egemen klasik mantığın yerine matematiği kullanmıştır. Düşen ve salınım yapan cisimleri inceleyerek, sarkaç kanunu ve eylemsizlik ilkesini ortaya koymuştur. Teleskopu etkin kullanarak Ay hakkında birçok yeni bilgi elde ederken, Güneş'i gözlemleyerek de üzerindeki lekelerin mahiyetini aydınlatabilmiş, gezegenlerle ilgili birçok bilinmeyeni

gün ışığına çıkarmış ve sonuçta Aristoteles'in ve Batlamyus'un Yer merkezli evren anlayışının otoritesini sarsmıştır. Çalışmaları bütün olarak dikkate alındığında Galileo, haklı olarak modern mekaniğin kurucusu olarak anılmayı başarmıştır.

Galileo'nun bilim sahnesine çıktığı zamanlar hala Yer merkezli evren anlayışı geçerliydi ve bu anlayışın bir parçası olarak yıldızların sönmeyen Tanrısal bir ateşten oluştuğu düşünülüyordu. Yıldızlar cam gibi pürüzsüz şeffaf ama bütün gök cisimlerini taşıyabilecek ölçüde sağlam bir maddeden yapılmış olan küre şeklindeki bir evrenin içine yerleştirilmişlerdi. Gezegenlerin ve yıldızların bağımsız olarak hareket ettikleri görülmese de her biri kendi gök cismini taşıyan birbiri içine geçmiş bir sürü kürenin varlığı (Bixby, 1997, s. 10) söz konusuydu.

Aristoteles'in zamanında ona karşı çıkacak bir bilginin olmayışı, onun öğretilerinin yüzyıllar boyunca hüküm sürmesini, öğretilerinin Orta çağda manastırlarda, Kilise okullarında ve üniversitelerde okutulmasını ve görüşlerinin Hıristiyanlığın birer dogması haline gelmesini sağlamıştı. Böylece aşılmaz otorite haline gelince ona karşı çıkan herkes Tanrı'yı sorguluyormuş gibi cezalandırılınca astronomi ve fizik alanındaki yanlış kabulleri Galileo'nun döneminde de hala geçerliliğini korumuştur. Galileo'ya kadar bazı bilimciler Aristoteles'in yanlışını göstermeye çalışsa da kimse Galileo gibi düşüncelerinin arkasında kararlı bir şekilde duramamıştır. (Bixby, 1997, s. 13)

Aristoteles'in öğretilerini kabul etmeyerek bilimsel araştırmalarına başlayan Galileo, Pisa Katedralindeyken tavanda asılı olan ve durduğu yerde sallanan yağ kandillerini seyrederken, bir salınımın sonundan diğer bir salınıma kadar geçen sürenin hep aynı olduğunu ve birbirini izleyen salınımların hızının giderek azaldığını gösterir. Buradan daha uzun yol kat eden ilk salınımın hızının daha büyük olacağı sonucunu çıkaran Galileo, salınım sürelerinin aynı olup olmadığını merak etmiş ve salınımları nabız atışları ile sayarak sonuç çıkarmaya çalışmıştır. Bu yoldan konuyla ilgili tam açıklayamadığı bir durum olduğunu fark eden Galileo, sorunu deney yoluyla anlamaya karar vermiştir. Bunun için evinde iki ipe iki top bağlayarak sarkaç oluşturmuş ve ikisine de salınım vermiştir. Her iki sarkacın da eşit zamanlarda eşit salınım yaptığını bulmuş, farklı ağırlıklarda toplarla deneyi tekrarladığında sonucun değişmediğini belirlemiştir (Fermi & Bernardini, 1961, s. 14). Galileo bu salınımın sadece katedral lambalarında değil, aynı zamanda ipin uzunluğuna ve sarkacın diğer özelliklerine bağlı olarak ve her bir salınım derecesinde veya her bir hareketin gerçekleştiği mesafeye bağlı olmaksızın bir ip ile asılı herhangi bir ağırlığa da özgü olduğunu göstermiştir. (Berry, 1961, s. 146)

Klasik deneysel modelin kaba bir uygulanışı olan bu deneyde Galileo'nun izlediği yöntem, elbette yeni değildi. Ancak onun deneysel çalışmaya gösterdiği ilginin ve verdiği değerin modern bilimin gelişmesine sağlam bir dayanak oluşturması (Fermi & Bernardini, 1961, s. 17) bakımından dikkate değerdir. Nitekim bu deneysel çabaları sonucunda Galileo, Aristoteles'in cisimlerin ağırlıkları ile doğru orantılı düştükleri düşüncesini sarsmayı başarmıştır. Böylece iki bin yıldır hâkim olan doğa bilimi geleneğinin gelişmesine engel olan dogmalardan birinin yıkılması için ilk büyük adım atılmış (Ball, 2015, s. 80) olmaktadır. Üstelik bu çalışmasının tek başarısı da bu değildir; aksine sarkaç yasasının keşfi de bu yoldan olmuştur. Nitekim Galileo'nun bu

başarılarından sonra hareket ile ilgilenmeye başlaması tesadüfi değildir. Zira sarkaç deneyleri düşmede ağırlığın rolünü farklı değerlendirmesi gerektiğini öğrenmesini sağlamış, sonuçta o da hareketin neden kısmıyla değil nasıl kısmıyla ilgilenmeyi yeğlemiştir. Bu bağlamda Aristoteles'e meydan okuyan Galileo, Aristoteles'in "belli bir ağırlık belli bir noktaya belirli bir zamanda düşer ve daha büyük bir ağırlık daha hızlı düşer" (Bixby, 1997, s. 19-20) kabulünün yanlışlığını gösterebilmiştir. Galileo'ya göre boşluk (vakum) oluşturulması durumunda düşen her cisim aynı uzaklığı aynı sürede alacaktır. Galileo, nasıl boşluk oluşturacağını bilmediği için, gerçekte öyle olup olamayacağını asla öğrenemeyecekti. Aristoteles'e göre bu durum zaten mümkün değildi. Galileo serbest düşme deneylerinde havanın direnci için bazen ayar yapma durumunda kalmakla birlikte, sonunda düşen cisimlerin hız farklarını açıklamayı başarmıştır. Başarının büyüklüğü şöyle ifade edilebilir: Gerçekte cisimler saniyenin kesirleri içerisinde yere düşmektedir ve onun bunu ölçmek için uygun aracı yoktur. Ancak analojiler kurmakta usta olan Galileo, cismin hızını ölçebilecek bir hıza düşürebilirse durumu açıklayabileceğini fark etmiş ve çözümü eğik bir düzlem oluşturarak bulmuştur. (Bixby, 1997, s. 25)

Galileo'nun saptaması şöyleydi: "Hareketsiz bir durumdan düşme durumuna geçen bir cismin eşit zaman aralıklarında kat ettiği mesafeler arasındaki oran, birden başlayan tek sayıların arasındaki oranın aynıdır (yani 1:3:5:7:9 serisinde görülen oran)" (Galilei, 2008, s. 317; Bixby, 1997, s. 30). Bu deneylerle Galileo, düzgün ivmeli hareketin sırrını çözmeyi başardı. Onun teorisine göre bir cismin hızı düşme mesafesi arttıkça artıyordu. Hız artış oranı da her uzaklıkta aynıydı. Modern mekanik biliminin temelini oluşturan güçlü matematiksel ilkeler bu şekilde ortaya çıkmıştır. Galileo'nun bu konuda attığı her adım Aristoteles fiziğine zarar vermekteydi. Bu durum Aristoteles yanlısı kişileri öfkelendirmeye başladı. O bunlara aldırmadan deneylerine devam etti. Galileo tam yatay bir düzlemde yuvarlanan topun, yalnızca dokunduğu yüzeyin sürtünme kuvveti ile havanın karşı koyma etkisi nedeniyle durduğunu gözlemledi. Sürtünme dahil bütün karşı kuvvetler kaldırılırsa ne olacağını sordu? Hareket halindeki bir topun hareketini sonsuza kadar devam ettireceğini söyledi (Galilei, 2008, ss. 201-202). Yol açtığı bu sonuca kendisi bile inanamadı. Çünkü dünyadaki bütün kuvvetlerin kaldırılabileceğini bilmiyordu. Eylemsizlik ilkesi olarak adlandırılan bu keşfin nelerin aydınlanmasını sağlayacağından habersiz (Bixby, 1997, s. 31 ve 34) olması, ilkesinin bir gün insanoğlunun uzaya uydular fırlatmasına yol açacağını tahmin bile edememesi dikkat çekmektedir. Eylemsizlik ilkesinin ardında bizzat hareketin kendisiyle ilgili yeni bir kavram yatar. Aristoteles'e göre hareket doğrudan doğruya cismin özünü ilgilendiren bir süreçti ve her çeşit değişikliği içine alan çok geniş bir kavramdı. Ağırlığı olan bir cismin düşmesi ne kadar hareket anlamını taşıyorsa, bir bitkinin büyümesi de o kadar hareket (değişim) anlamını ifade ediyordu. Galileo'nun hareket kavramının can alıcı noktası hareket ile cisimlerin temel karakterini birbirinden ayırmasıdır. Düzgün yatay hareket cisimde bir değişikliğe yol açmıyordu ve bu anlamda hareket sadece cismin içinde bulunduğu bir durumdan daha fazlası değildi. Dolayısıyla Galileo'ya göre cisim hareket halindeyken de dururken de aynıdır. Kuleden bırakılan taşın düşmesi de geminin güvertesinden bırakılan taşın düşmesi de aynı hareketi içerir (Galilei, 2008, ss. 172-73). Başka bir deyişle durmak hareketten farklı değildir, sadece "sonsuz bir yavaşlık

kertesidir". Galileo'ya göre hareket aynı zamanda görelidir. Diyelim ki, Venedik'ten Halep'e giden bir gemi olsun. Geminin içindeki yükler hareket etmediği sürece hareket bir şey değildir. Eğer gemideki bir çuval diğerlerinden bir santimetre uzağa taşınsa, çuval için bu hareket, bütün diğer yüklerle yaptığı üç bin beş yüz kilometrelik yolculuktan daha büyük bir hareket demektir. (Westfall, 1987, ss. 20-21; Galilei, 2008, s. 157)

Düşen cisimlerin hareketini inceleyen Galileo, hızın sabit olmadığını belirlemiş, değişimi ivmeyle ilişkilendirerek, konuyu aydınlatmak için sözü edilen eğik düzlem deneyini gerçekleştirmiştir. "Önümüzde dümdüz ayna misali çok temiz çelikten yapılmış sert bir yüzey var. Yüzey ufka paralel olmasın, biraz eğimli olsun. Üzerine, mükemmel bir küre şekilli, sert ve ağır malzemeden örneğin tunçtan bir bilyeyi bırakırsam bilye ne yapar? Siz bilyenin o eğik yüzeyde durmuş vaziyette kalacağına inanmıyorsunuz (oysa ben inanıyorum) değil mi?" (Galilei, 2008, s. 200). İniş eğimi ve tırmanma eğilimi olmayan bir yüzeyin her kısmı merkezden eşit miktarda uzaktaysa hareketsiz kalır (Galilei, 2008, s. 204). Bu yoldan mekanik (hareket) biliminin matematiksel temellerini ortaya koymayı başaran Galileo, durgun halden düşmeye bırakılan bir cisim ile aynı yükseklikten, yine durgun halden fakat bir eğik düzlemden inişe bırakılan cismin hareketi arasında analoji kurarak, ikisinin de sonunda eşit hıza ulaşacağını göstermiştir (Westfall, 1987, ss. 24-6). Bu sonuç Aristotelesçi görüşün düşmenin cismin ağırlığıyla ilişkili olduğu görüşüne karşı yapılan ilk etkili darbe olmuştur (Whitfield, 2008, ss. 140-41). Yukarıda değinildiği üzere, Galileo'yu bu türden düşünmeye iten Kopernik'in başarısıdır.

Kopernik'in sistemini benimseyen Galileo, en başından itibaren onu kanıtlamanın yollarını araştırmaya başlamış, fakat Kutsal Kitap ile çelişmesi, Bruno'nun engizisyon tarafından diri diri yakılması ve Kopernik'in sistemini sağlam temellere dayandıramamış olması gibi nedenlerle bir süre istediği atılımı yapamamıştır (Maury, 2006, ss. 20-1). 1597'de Pisa'daki bir arkadaşına yazdığı mektupta, Kopernik sisteminin üstünlüğünden söz eden Galileo, 1604'te teleskobu bulmadan beş yıl önce, Brahe'nin keşfettiği yıldız üzerine konferanslar vermiştir. Konuyla yoğun ilgilenmesinin nedeni aslında yıldızın Aristotelesçi dünya düzeninin değişmez ilkesi olan göklerin değişmezliği yasasına meydan okuma (Sobel, 2000, s. 55) özelliğini taşımasıydı. Galileo, bu yoldan Aristotelesçi evren anlayışını yıkmak için kendini güçlü hissetmeye başlamıştı ve teleskop kendisine müthiş imkân sağlamaktaydı.

Galileo teleskobunu gökyüzüne her çevirdiğinde yeni şeyler keşfetti. Samanyolunun parlak bir bulut olmadığını, tersine sayısız yıldızlardan oluştuğunu, Ay'ın öğretildiği gibi pürüzsüz bir yüzeyinin olmadığını tıpkı Dünya'da olduğu gibi vadilerin ve çukurların olduğunu gördü. Jüpiter'in uydularını daha sonra Satürn'ü gözlemleyen ve teleskobunun yetersizliğinden dolayı onun üç cisimden oluştuğunu düşünen Galileo, aynı zamanda Venüs'ün safhalarının olduğunu belirlemiştir. Bu son gözlemi Kopernik'in kuramını destekleyen bir gözlem olması dolayısıyla önemlidir. Çünkü, Yer merkezli Evren Modelinde, Venüs, daima aşağı ve yukarı hareket edebilir olarak kabul ediliyordu ve buna ek olarak Güneş ile Yer arasında olmalı ve daima hilal şeklinde görülmeliydi. Güneş Merkezli Evren Modelinde Güneş'in arkasına da geçebileceği

öngörülmekteydi. Dolayısıyla bu keşif Kopernik'in evren sistemini destekliyordu. Galileo 1610 yılında bu sonuçlarını *Yıldız Habercisi* kitabında topladı. (MacLachlan, 2008, ss. 45-57; Westfall, 1987, s. 13; Maury, 2006)

Çağdaşı bilim insanlarıyla haberleşmeyi de ihmal etmediği anlaşılan Galileo, Kepler'e *Yıldız Habercisi*'nin bir nüshasını göndermiş ve değerlendirmesini istemiştir. Kepler bu durumu memnuniyetle karşılamıştır. Galileo, Kepler'in durumu tam olarak kavraması için ona yaptığı dürbünlerden birini de göndermiştir. Bizzat gözlemleme olanağı bulan Kepler, Jüpiter'in uyduları konusunu yaptığı bir konferansta duyurmuştur. Zaten Kopernik taraftarı olması nedeniyle Kepler'in konuyu anlaması zor olmamıştır. Özellikle Venüs'ün Ay gibi değişik haller aldığına ilişkin gözlemlerini Kepler ile paylaşması ve onayını alması, Kopernik'in haklı olduğunun gösterilmesinde önemli bir kanıt (Maury, 2006, ss. 61-4) oluşturması bakımından dikkate değerdir.

Galileo için incelenecek tek bir cisim kalmıştı o da Güneş. 1610'ların sonuna doğru gözlemleri sonuç verdi. Bazı lekeler gördü. İlk olarak onların Yer ile Güneş arasına giren küçük cisimler olduğunu düşündü. Daha sonra bunların bazen bir araya gelip bazen ayrıldıklarını gördü. Dahası, Güneş yüzeyince bir doğru boyunca hareket ediyorlardı. Galileo, lekelerin Güneş diskinin karşı tarafından tekrar ortaya çıktıklarını görünce, mutlu oldu; çünkü bunun anlamı Güneş'in kendi ekseni etrafında dönmekte (Bixby, 1997, s. 60) olduğuydu.

Güneş'teki lekelerin Kopernik sistemini doğrulayabileceğini düşünen Galileo, bu konuyu da içeren *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog* adlı eserini kaleme aldı. Güneş lekeleri ile ilgili olan çalışmalarını tekrar kontrol eden Galileo, gözünden kaçan detayların olduğunu fark etti. "Yıl boyunca lekelerin Güneş'in çevresinde dolanırken izledikleri garip yola dikkat etmemişti. Bazen doğruca Güneş'in ortasından geçiyor, bazen de yukarı ya da aşağı doğru kavis çiziyor gibi görünüyordu. Zira lekeler (yana eğilen Dünya'nın yine yana eğilen Güneş'in çevresinde bir yılda gerçekleştirdiği devirden dolayı) sadece mevsimler değişirken yukarı ya da aşağı doğru bir yol izliyormuş gibi görünüyorlardı. Dolayısıyla Güneş'teki bu dalgalanmalar Kopernik'i destekleyen fiziksel bir kanıt olmaktadır." (Sobel, 2000, ss. 144-45)

Galileo, Kutsal Kitabı inkâr etmiyor, lakin insanların onu tam olarak anlayamadığını ya da yanlış yorumladığını düşünüyordu. Galileo'nun bu görüşlerine karşı çıkanlar Eski Ahit'ten meşhur bir bölüme değiniyorlardı. Yeşu çatışmanın ortasında kalınca Tanrı'dan daha uzun gün isteyip Güneş'i durdurmasını istemiştir. Tanrı da bu dileği yerine getirmiştir. Galileo ise yalnızca Güneş'in değil tüm evren sisteminin günlük hareketi olduğunu söylüyordu. Bu hareket primum mobile denen dış küre tarafından yönlendiriliyordu. Dolayısıyla Aristoteles ve Batlamyus'un sistemlerinin doğru olması için Yeşu'nun Tanrı'dan primum mobile durdurmasını istemiş olması gerekirdi. Yeşu'nun sözleri eğer doğruysa, Kopernik sistemi için de geçerli olabilirdi. Öyleyse Güneş'in hareketini durdurmak aynı zamanda Yer'in hareketini durdurmak da olabilirdi. (MacLachlan, 2008, ss. 85-6)

Bütün bu düşünceleri nihayet Kilisenin sabrını taşırdı ve Galileo'yu adım adım bilinen

sona doğru sürükleyecek sürecin de başlangıcını oluşturdu (Bixby, 1997, s. 71). Galileo 1615 yılında Roma'ya gitmek durumunda kaldı (Bixby, 1997, s. 75). Kendisine Güneş'in çevresinde Yer'in ve diğer gezegenlerin döndüğü bir merkez olduğu düşüncesinden vazgeçmesi gerektiği, Kutsal Kitaba aykırı olan görüşleri benimsememesi ve öğretmemesi, aksi halde gerekli işlemin yapılacağı uyarısında bulunuldu. Galileo'nun bu tavsiyeleri kabullendiğini gösteren hiçbir kanıt yoktur. Ancak Kopernik'in Güneş merkezli evren tasarımının ve Galileo'nun ortaya koyduğu keşiflerin Kilise üzerinde olumsuz etki yarattığı açıktı. Otoritesinin sarsılmasında korkan Kilise Kopernik'in kitabını yasakladı. Galileo bu birinci karşılaşmayı ucuz atlatmıştı.

Bilimsel çalışmalarını sürdüren Galileo'nun sağlığı da bozulmaya başlamıştı. Bu arada Kardinal Maffeo Barberi'ni VII. Urban adıyla papalığa seçilince görüşmek üzere, Roma'ya gitmeye karar veren Galileo'nun beklentisi Kopernik'le ilgili çalışmaları için izin almaktı, ancak alamadı. Bu arada yayımladığı yazılarda hala eleştirilerini sürdüren Galileo, (Bizby, 1997, ss. 81-2) *Değerlendirici* adlı kitabının 1623 yılında Roma'da basılmasıyla *İki Büyük Dünya Sitemi Hakkında Diyalog* başlıklı kitabını yazmak için cesaret buldu. 1629 yılında kitabını tamamladı. Galileo tekrar Roma'ya gitti. Kitabın nüshası okundu ufak değişiklerden sonra sansürcünün onayı ile iade edildi. Papa'nın dikte etmiş olduğu sonuçları içeren bir önsöz ile bir sonuç bölümü yazdı (Bixby, 1997, s. 83) nihayetinde kitap 1632 Şubat ayında yayınlandı. Kitap Avrupa'ya yayıldı ve büyük beğeni topladı. Ancak *Diyalog* objektif bir eser gibi görünse de gerçekte Kopernik'in sistemi lehinde karşı konulmaz bir teori ortaya koyuyor ve geleneksel teoriye ağır bir darbe indiriyordu (Bixby, 1997, s. 86). Paniğe kapılan Kilise ve Galileo düşmanları sonuçta Papa'yı Galileo'ya karşı dolduruşa getirdiler (Bixby, 1997, s. 87). 23 Eylül 1632'de Galileo'nun Roma'daki Kutsal Divan Genel Komiseri'nin huzuruna çıkması istendi. Kitap esasında sansürcüden geçtikten sonra basıldığı için ceza almasını gerektirecek bir neden yoktu (Bizby, 1997, ss. 88-90). Ancak durum öyle olmadı ve Galileo tekrar yargılanmak üzere Roma'ya çağrıldı ve 21 Haziran 1633'te 1616 yılındaki yasağa uymamasından suçlu bulundu ve ondan hazırlanmış metni okumasını ve özür dilemesini istediler (Bixby, 1997, s. 92). Floransa'ya dönmesine izin verildi ve orada ev hapsinde tutuldu. Galileo iyice hastalanmıştı. Yine de çalışmayı bırakmadı. 1638 yılında mekanik bilimi üzerinde yazdığı *Söylevler*'i tamamladı. Katolik Kilisesi'nin yetkileri dışında kalan Hollanda'da güvence içinde basıldı. *Söylevler*'in tamamlanmasından kısa bir zaman önce kör oldu. 1642 yılında yetmiş sekiz yaşında öldü. Katolik Kilisesi yine de yumuşamadı Galileo mezarı belli olmayan bir yere gömüldü (Bixby, 1997, s. 93). Galileo'nun öldüğü yıl Newton dünyaya geldi. Galileo cisimlerin nasıl hareket ettiğini keşfetmişti; Newton da neden hareket ettiklerini keşfedecekti. (Bixby, 1997, s. 95)

6. Newton ve Modern Doğa Tasarımı

Kopernik ile başlayan yeni doğa anlayışına son şeklini veren Newton (1642-1727), matematiğin imkanlarını sonuna kadar kullanarak, fiziğin tam anlamıyla kuramsallaşmasını sağlayan kütle çekimini eksiksiz ifade edebilmesine imkân veren matematiksel hesaplama aracı olan flüksiyonu geliştirmiştir (Topdemir & Unat, 2019, s. 175). Flüksiyonun geliştirilmesinin bilim tarihinde nasıl bir önemi olduğunu Royal

Society'in yöneticisi Hooke ile zaman zaman girdiği bilimsel tartışmalarda görmek mümkündür. 1679'da Royal Society'nin yöneticisi Hooke, bir gezegenin üzerine etki eden kuvvetin gezegenin Güneş'e olan uzaklığının karesiyle ters orantılı olarak değişiyorsa, bu durumda yörüngesinin ne olacağı sorusunu ortaya atmış, cevaplayan çıkmamıştır (Bixby, 1997, ss. 135-36; Cushing, 2003, s. 140). Soru kendisine sorulunca Newton flüksiyon sayesinde elips yanıtını verebilmiştir. Bu da önemli olmakla birlikte Newton'un asıl başarısı geliştirdiği eylemsizlik, ivmeli hareket ve etki-tepki aksiyomlarına dayalı olarak fiziği aksiyomatik hale getirmesidir. (Topdemir & Unat, 2018, ss. 264-65)

Newton'u fizik ve astronomi alanında seçkin bir konuma taşıyan bir diğer başarısı ise Güneş, Ay ve gezegenlerin hareketlerinin nedensel açıklamasını yapmasıdır. Konuya yoğunlaştığı sıralarda (1666) Woolsthorpe'taki çiftliğinin bahçesinde otururken dalından düşen bir elmanın çıkardığı ses, Newton'un zihninde gezegenlerin ve yıldızların hareketi konusunda henüz çözülmemiş olan bütün sorunların yanıtlarını bulmasına yol açan düşünce zincirini harekete geçirmiştir (Bixby, 1997, s. 119). Artık ona göre dalından kopan elma serbest bir cisimdir ve gökyüzünde parlayan Ay da öyle. Ay devamlı olarak Yer'in çevresinde bulunan bir yol izliyordu. Ay'ı gökyüzünde tutan her ne ise elmayı çeken şey de aynı olmalıydı. Tüm cisimlerin karşılıklı bir yer çekimi ilkesine bağlı olduklarını evrensel olarak kabul etmemiz gerekirdi (Newton, 1998, s. 109). Bu paradoks onu bu yönde çalışmaya yönlendirdi (Bixby, 1997, s. 121). Kepler'in, Kopernik'in ve Galileo'nun çalışmalarına dayanarak (Bixby, 1997, s. 123) merkezkaç kuvvetini kavramlaştıran Newton, eğer böyle bir kuvvet varsa, onu dengeleyen merkezi bir kuvvetin (gravitasyon) de bulunması gerektiğini anladı ve gezgen hareketlerini bu yoldan çözmeyi düşündü. Haklı olduğu bu düşüncesinin ayrıntısı aslında Kepler'in üçüncü yasasında zaten vardı; ancak zamanında Kepler bunu keşfedememişti (Topdemir & Unat, 2019, s. 177). Newton fiziğinin önemli başarılarından biri olan bu hususu aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür.

Newton *Principia*'nın üçüncü bölümüne Güneş sistemine ilişkin görüngülerin anlatımıyla başlar. Jüpiter'in uydularının dolanımlarından başlayarak elde ettiği uzaklık-kuvvet ilişkisinin, Satürn'ün uyduları için de geçerli olduğunu belirler (Newton, 1998, s. 114). Benzer bir ilişkinin gezgenler ve Güneş arasında da olduğunu hesaplayan Newton (Cushing, 2003, ss. 158-59), bu bilgilere dayanarak ters kare yasasına ulaşır. Kepler'in eşit zaman aralıklarında gezegenlerin eşit aralıklar taradığını belirten ikinci yasası için, gezegenle Güneş arasında merkezi bir kuvvet olması gerektiğini kanıtlamıştı. Demek ki merkezi kuvvet gezegenin Güneş'e olan uzaklığının karesiyle ters orantılıdır (Cushing, 2003, ss. 160-61). Peki, bu yasanın önemi neydi? Cevap: Fizik evrenin sırlarının çözümünü içermesi. İkinci soru: Peki, nasıl?

Kopernik ve Galileo'nun çalışmaları Aristoteles'in dünyada olan yasaların göklerde geçerli olamayacağı kabulüne dayalı Aristoteles fiziğinin bütün yapısını çökertmişti (Bixby, 1997, s. 145). Şimdi geriye Yer'in ve diğer gezegenlerin de Güneş'in çekim etkisi altında yıllık dolanımlarını tamamladıklarının kanıtlanmasına gelmişti. Aslında Kepler'in yasaları bunu öngörmekteydi; ancak Kepler bu döngünün neden elips olması

gerektiğine dair bir gerekçe ortaya koymamıştı. İşte Newton bütün bunları gerekçelendirecektir. (Ball, 2015, s. 128)

Yalnızca gezegen hareketlerini değil, elmanın düşmesinin ve tüfeğin namlusundan çıkan merminin hareketinin nedenini açıklayacak olan yerçekimi hakkında kesin matematiksel bir ifade ortaya koymayı amaçlayan Newton, Galileo'nun havaya fırlatılan cisim ile ilgili olan düşüncelerine dayanarak cisimlerin düşüşlerinin dirençsiz bir ortamda zamanının karesi ile değiştiğini ve fırlatılan cisimlerin devinimlerinin bir parabol olduğunu keşfetmiştir (Newton, 1998, ss. 86-7). Gerçekte problem bir küreden (Dünya'dan) fırlatılan cismin havaya yükselmesinden sonra kürenin merkezine doğru çekilmesidir ve bu bakış açısıyla düşünmeye başlayan Newton, şöyle bir akıl yürütmede bulunmuştur: Eğer elma yeterli bir kuvvetle yukarı fırlatılırsa, Dünya çevresinde bir yörüngeye girecektir (Bixby, 1997, s. 146). Böylece doğal hareket ile yer çekimi arasında ilişki kuran Newton sonuçta evrensel çekim yasasına ulaşmayı başarmıştır: "Evrendeki her parçacık bütün diğer parçacıklara, kütleleri ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı bir kuvvet uygular" (Newton, 1998, s. 104; Bixby, 1997, s. 147). Böylece Kepler'in yasalarından hareketle, gezegenleri yöneten gücün Güneş'ten çıkan bir çekim kuvveti olduğunu ve aynı zamanda bu kuvvetin sadece gezegen ve Güneş gibi büyük cisimler için değil evrendeki bütün cisimler için geçerli olduğunu gösteren (Ball, 2015, s. 130) Newton, bu sayede gel git konusunu da açıklayabilmiştir (Ball, 2015, s. 131).

Newton'un bir diğer başarısı da eylemsizlik ilkesine son şeklini vermiş olmasıdır (Bernal, 1995, ss. 229-30). Bilindiği üzere yüzyıllar boyunca insanlar kuvvetsiz hareket olmaz ilkesini savunmuşlardı ve bu durum Galileo ve Newton için de değişmemişti. Yerçekiminin keşfi önemli bir değişime yol açsa da, görünmez bir şey (Bixby, 1997, s. 123) olması insanların şüpheyle bakmalarına neden olmaktaydı. Bu konuya kafa yoran Newton, Kepler yasalarıyla, eylemsizliği birleştirmiş ve Ay'ın herhangi bir cisim gibi düşme hareketi yaptığını, aslında düz bir çizgi boyunca gitmek istediğini, ancak Yer'in çekim etkisinden dolayı eğri bir yol izlediğini kanıtlamıştır. Böylece Newton, gökcisimlerinin birbirini çekmelerine neden olan güçlü bir çekme kuvvetine sahip oldukları bir evren tasarlamıştı. Güneş gök cisimleri içinde en büyükleri olduğundan sisteme hâkim oluyor, diğer cisimleri eliptik yörüngeler izleyecek şekilde kendine doğru çekiyordu (Bixby, 1997, s. 132). Artık doğa ve evren yeniden ve yeni bir düzenle anlamlandırılmış oluyordu.

7. Sonuç

Aristotelesçi evren tasarımı yüzyıllar boyunca hakimiyetini sürdürmüştür. Bu evren tasarımına göre doğal olanın değişmesi ancak belli bir etki sonucunda ortaya çıkar ve etkinin meydana gelmesi için de o etkiyi meydana getirmeye yönelik doğal bir eğilim veya bir erek olması gerekirdi. Yüzyıllar içerisinde sorgulanmaya başlanan bu düşünce giderek zayıflamış ve sonunda yeni doğa tasarımına evirilmiş, en sonunda erek temelli yaklaşımın yerine değişme geçmiş ve değişmeyi erek ile değil de maddi olan şeylerin etkisiyle açıklamak (Collingwood, 1999, s. 112) anlayışı öne çıkmıştır. Bu yeni anlayışta, doğa, aklın bir yan ürünü ya da Orta çağ Hıristiyan dünyasında ifade edildiği gibi Tanrı'nın bir tasarımı olmaktan çıkmaya başlamıştır. Daha önce bu yeni tasarımı

Kopernik'in başlattığından ve sisteminin detaylarına değinirken, astronomi bilgisine yeni şeyler eklemediğinden söz etmiştik. Peki, o zaman onun öne sürdüğü sistemin devrim olarak adlandırılmasının sebebi nedir? Bu durumda yanıt verilmesi gereken asıl sorunun bu olduğu açıktır.

Kopernik'in yapmak istediği ne Tanrı'yı ne de insana yüklenmiş yüksek nitelemeleri yadsımaktı. Çünkü Yer'in evren içerisinde ne kadar küçük bir yer kapladığını biliyordu. Mevcut olan Aristotelesçi ve Batlamyusçu evren sistemi karmaşık bir haldeydi ve aslında sorunlara cevap üretmekten tamamen uzaklaşmıştı. Onu daha yalın ve anlaşılır bir hale getirmek belki bir çare olabilirdi. Bunu yaparken Yer'i evrenin merkezinde kabul etmekle, aslında Güneş'i onun yerine geçirmek arasında ciddi bir sorun olmadığını görmesi, onun mevcut sistemi düzeltmek yerine yenisini önermenin daha kolay ve yararlı olacağı düşüncesine kaymasına neden oldu. Nasıl ki Yer merkezdeyken evren belli bir düzende işliyor ve karmaşa oluşmuyorsa, Güneş merkeze alındığında da, yani Yer'in döndüğü kabul edildiğinde de kaos olması için neden gözükmemektedir. Üstelik bu değişimin açıklanamayan ve karmaşık olguları daha yalın hale getireceğine dair ciddi kanıtları bulunuyordu. Çok iyi bir astronomi bilgisine sahip olmamasına rağmen öne sürdüğü olguları felsefi argümanlarla açıklamaya çalışan Kopernik'in, ortaya koyduğu ifadenin asıl önemli vurgusu da Güneş ve Yer'in yer değiştirmesinin evrendeki düzeni değiştirmeyeceği iddiasıdır. Devrim olarak görülen de budur. Çünkü Aristoteles'in bir organizma olarak tasarladığı doğa dünyasına ilişkin tüm kabulleri böylece yıkılmakta, dört unsur (toprak, su, hava, ateş) gezegenlerin hareket ettiği küreler ve en üstte de sabit yıldızlar küresinden oluşan büyük organizma anlamını yitirmiş oluyordu. Kopernik böylece yeni bir düşünce örüntüsünün yolunu açmış oldu. Aslında daha önce değinildiği üzere, Kopernik'in evren tasarımı fizik temellere dayalı olmadığı için birçok problemi açıklamakta eksik kalmaktaydı, ancak kendinden sonra geleceklere zemin hazırlaması bakımından büyük bir yenilik taşımaktaydı. İnsanların ufuklarını genişletmesi açısından büyük bir öneme sahip olduğu anlaşılınca, devrim olarak adlandırıldı.

Kopernik'in ortaya koyduğu gezegenler teorisi her ne kadar Aristotelesçi bilimin yaptığından daha fazlasını sunmaya çalışsa da onun çerçevesinin çizdiği geniş sınırlar içerisinde, sınırlı bir reform olarak karşımıza çıkmaktadır. Brahe'nin gözlemlerinin büyük katkısıyla birlikte Kepler ve Galileo'dan sonra bu sınırlı reform köktenci bir devrim haline gelmiştir. (Westfall, 1987, s. 2)

Kopernik'in düşünceleri daha sonraki yıllarda etkili olunca, evrenin merkezinin Yer mi yoksa Güneş mi olduğunun bilgisinin netleştirilmesi gereklilik haline geldi ve Brahe bu gerekliliği karşılayabilmek için yıllarca gözlem yaptı. Gözlemleri sonucunda daha önce gözlenmemiş bir yıldız ve ardından da kuyruklu yıldız keşfeden Brahe, beklenmedik bir biçimde Aristoteles'in evren modeline darbe indirmiştir. Yeni yıldızın keşfi Aristoteles'in Ay-üstü evrenin oluş ve bozuluşa tabi olmayacağı kabulünü, kuyruklu yıldızın gökyüzünde izlediği yol ise gezegenleri taşıyan saydam kürelerin olduğu kabulünü yıkmıştır. Gözlem sonuçları ona Yer merkezli evren anlayışının yanlış olduğunu kanıtlamış olsa da dini inançları gereği bunu kabul etmeyen Brahe, iki evren

görüşünü birleştirerek melez bir evren modeli geliştirmeyi yeğlemiştir. Kendisi her ne kadar dini inancı gereği Güneş Merkezli Evren Modelini kabul etmemiş olsa da Kepler'e elips yörüngeleri keşfetmesini sağlayacak günümüzdeki verilere çok yakın olan gözlem sonuçlarını bırakmıştır. Kepler elips yörüngelerin keşfi ile Kopernik sistemini her ne kadar desteklemiş görünse de aynı oranda Kopernik sistemini tahrip etmiştir. Kopernik gezegenlerin dairesel bir yörüngede ve kristal kürelere bağlı şekilde döndüğünü söylemekteydi.

Kepler, Brahe'nin gözlemleri sayesinde kristal kürelerin olmadığını, dolayısıyla gezegenlerin hareketlerini açıklayacak yeni bir sisteme ihtiyaç duyulduğunu biliyordu. Mars'ı gözlemlemeye devam ederek yörüngesinin daire olmadığını ispatladıktan sonra, kendi adıyla anılan üç yasayı bilime kazandıran Kepler, Yer'de dahil olmak üzere gezenlerin Güneş'in etrafında elips çizdiklerini, gezegenlerin Güneş'e yaklaştıkça hızlarının arttığını uzaklaştıkça azaldığını kanıtladıktan sonra, gezegenleri böyle hareket etmeye zorlayanın ne olduğu sorusuna cevap aramaya başladı. Önce buna "anima motrix (hareket ettirici güç)" adını verdiği Güneş'ten çıkan gücün neden olduğunu savundu; ancak anlamlı gelmeyince bu kez Gilbert'in mıknatıslar üzerine olan çalışmasından edindiği bilgilere dayanarak hareketin manyetik etkilenmeyle oluştuğunu savundu. Her iki görüş de fizik açısından anlamlı olmamakla birlikte, Newton'a yerçekim düşüncesini çağrıştırması bakımından değerlidir.

Sürece başka bir bakış açısıyla katılan Galileo ise mevcut bilgilerle yetinmek yerine onları sorgulamayı tercih etmiş ve Yer merkezli evren anlayışında yer alan Aristoteles'in fiziğine ait kabullerin yanlış olduğunu ispatlamaya çalışmış bu yoldan Kopernik'in öne sürdüğü evren modeline fizik temeller sağlamayı amaçlamıştır. Özellikle teleskopla yaptığı gözlemler, Brahe'de olduğu gibi bilim dünyasına yeni keşifler kazandırmıştır. Ay, Jüpiter, Satürn ve Güneş'le ilgili gözlemleri gök nesneleri hakkında yeni ufuklar açmıştır. Doğa artık Aristoteles'in anladığı gibi yaşayan, canlı büyük bir organizma değil, matematik açıklamalara dayalı bir yapıdır. Sarkaçlar ve serbest düşme üzerine birçok deneysel çalışma yapmıştır. Hareket üzerine çalışmaları Newton'un eylemsizlik ilkesinin de temellerini atmıştır. Yaptığı bu çalışmalar Aristoteles fiziğine çok büyük zarar vermiş olup onun sorgulanmasına yol açmıştır. Kopernik'in evren görüşünün nasıl fizik temeller üzerine inşa edilebileceğini açıklayan Galileo, haklı olarak modern mekaniğin kurucusu olarak anılmayı hak etmiştir.

Kendisinin önceki "devlerin omuzlarında durduğunu" (Henry, 2016, s. 223) söyleyen Newton, yukarıdaki gelişmeleri yeryüzündeki ve gökyüzündeki hareketlerin aynı yasalara tabi olduğunu göstererek bütünlüklü olarak sistemleştirebilmiştir. Sistemleştirmenin etkisi ise sadece bilim alanında değil, felsefe, siyaset ve ekonomide de kendisini göstermiştir.

KAYNAKÇA

Ball, R. S. (2015). *Büyük Gökbilimciler.* (O. Aydın, Çev.) İstanbul: Altın Bilek Yayınları.

Bernal, J. D. (1995). *Modern Çağ Öncesi Fizik.* (D. Yurtören, Çev.) Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

Berry, A. (1961). *A Short History of Astronomy.* New York: Dower Publications.

Bixby, W. (1997). *Galileo ve Newton'un Evreni.* (N. Arık, Çev.) İsatanbul: Tübitak Popüler Kültür Yayınları & Yapı Kredi Yayınları.

Collingwood, R. G. (1999). *Doğa Tasarımı.* (K. Dinçer, Çev.) Ankara: İmge Kitabevi.

Copernicus, N. (2002). *Gökcisimlerinin Dönüşleri Üzerine.* (S. Babür, Çev.) İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Cushing, J. T. (2003). *Fizikte Felsefi Kavramlar 1.* (B. Ö. Sarıoğlu, Çev.) İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları.

Dobbs, B. J., & Jacob, M. (2000). *Newton ve Newtonculuk Kültürü.* (G. Ezber, Çev.) İstanbul: İzdüşüm Yayınları.

Fermi, L., & Bernardini, G. (1961). *Galileo and the Scientific Revolution.* New York: Basic Books.

Galilei, G. (2008). *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog.* (R. Aşçıoğlu, Çev.) İstanbul: Türkiye İş Bankası Yayınları.

Henry, J. (2016). *Bilimsel Düşüncenin Kısa Tarihi.* (A. M. Şengel, Çev.) Ankara: Akılçelen Kitaplar.

MacLachlan, J. (2008). *Galileo Galilei İlk Fizikçi.* (İ. Kalınyazgan, Çev.) Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.

Mason, S. F. (2001). *Bilim Tarihi.* (U. Daybelge, Çev.) Ankara: T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları.

Maury, J. P. (2006). *Galilei Yıldızların Habercisi.* (A. Berktay, Çev.) İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

Newton, I. (1998). *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri.* (A. Yardımlı, Çev.) İstanbul: İdea Yayınları.

Sobel, D. (2000). *Galileo'nun Kızı.* (B. S. Şener, Çev.) İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

Tekeli, S., Kahya, E., Dosay, M., Demir, R., Topdemir, H. G., Unat, Y., & Koç, A. A. (2001). *Bilim Tarihine Giriş* (Cilt 3). Ankara, Türkiye: Nobel Yayın Dağıtım.

Topdemir, H. G. (2011, Temmuz). Apollonios ve Koni Kesitleri. *Bilim ve Teknik Dergisi, 44* (524), 88-90.

Topdemir, H. G. (2011, Şubat). Tarih Boyunca Geliştirilmiş Evren Modelleri-1 Güneş Merkezli Evren Modeli. *Bilim ve Teknik Dergisi, 44* (519), 102-106.

Topdemir, H. G. (2011, Mart). Tarih Boyunca Geliştirilmiş Evren Modelleri-3 Yer- Güneş Merkezli Evren Modeli. *Bilim ve Teknik Dergisi, 44* (520), 102-105.

Topdemir, H. G., & Unat, Y. (2018). *Bilim Tarihi* (9 b.). Ankara: Pegem Akademi.

Topdemir, H. G., & Unat, Y. (2019). *Bilim Tarihi ve Felsefesi.* Ankara: Pegem Akademi.

Topdemir, H. G., & Yinilmez, S. (2009). *Galileo, Dünyayı Döndüren Adam* (2. b.). İstanbul: Say Yayınları.

Unat, Y. (2013). *İlkçağlardan Günümüze Astronomi Tarihi* (2 b.). Ankara: Nobel Yayınları.

Ural, Ş. (2016). *Bilim Tarihi* (9 b.). İstanbul: Çantay Kitabevi.

Westfall, R. S. (1987). *Modern Bilimin Oluşumu.* (İ. H. Duru, Çev.) Ankara: V Yayınları.

Whitfield, P. (2008). *Batı Biliminde Dönüm Noktaları.* (S. Uslu, Çev.) İstanbul: Küre Yayınları.