

Isaac Newton ve Bilimsel Usavurma Kuralları



Çizim: Hasan Aksu

Isaac Newton

Antik Grek düşüncesinin önemli başarılarından biri, bilimsel çalışmaların ne şekilde yapılması gerektiğini belirleyen ilke ve kuralların bir dizge haline getirilmesidir. İnsan aklının varlık karşısında aldığı tutum biçimlerinin belirlendiği bu dönemde, üç tip tutum olduğu ortaya konulmuştur: tümevarım, tümdengelim ve benzetim. Bunları birer çıkarsama veya akıl yürütme yoluyla sonuca varma süreçleri olarak irdeleyen ise Aristoteles (MÖ 384-322) olmuştur. Ünlü *Organon* (Araç) adlı çalışmasında araştırma sonuçlarını sergileyen Aristoteles, tümdengelimle öne çıkarmıştı. Daha sonra *Organon*'daki görüşlerin eskidiği varsayımıyla hareket eden Francis Bacon (1561-1626), yeni düşünme biçiminin ne olması gerektiğini açıklamak için yazdığı *Novum Organum*'da (Yeni Araç) tümevarımı öne çıkarmaktaydı. Çünkü doğaya ilişkin yeni bilgi edinmeden, başka bir deyişle doğada olup bitenleri düzenleyen kanunlar bilinmeden ilerleme gerçekleşmez. Modern felsefenin kurucularından René Des-

cartes (1596-1649) bu görüşe katılmadı ve *Regulæ ad Directionem Ingenii* (Aklın Yönetimi İçin Kurallar) ve *Discours de la Méthode* (Yöntem Üzerine Konuşma) adlı kitaplarında tümdengelimle yeniden öne çıkardı. Çünkü Descartes kesin bilgiye ulaşmak istiyordu ve tümdengelimle ulaşılan sonuçların yanlış olması söz konusu değildi. Sürece dâhil olan Galileo Galilei (1564-1642) ise doğaya başvurmanın zorunlu olduğu ve bunun yolunun tümevarım olması gerektiğinde ısrar etti. Ancak ona göre tümevarımla elde edilen sonuçlar mutlaka deney ve matematikle desteklenmeliydi. Galileo'nun bıraktığı yerden tartışmaya katılan Isaac Newton ise, konuyu bambaşka bir boyuta taşıdı ve ilk kez tümdengelimle hipotetik bir bağlamda anlamlandırma yoluna gitti. Bu bilimsel bilgi elde etme izlenesine yapılmış en önemli katkıydı ve bilim ilk kez kuramsallaşmış bilgiler yığını olarak görülmeğe başlandı. Aşağıdaki satırlarda bu keşfin öyküsü anlatılmaktadır.



Principia'da yer alan Felsefede Usavurma Kuralları, ilk yayımında "Hypotheses" başlığıyla verilmişti. Newton'un bu dört kuralı ileri sürmekteki amacı, araştırmayı verimli açıklamaları olan hipotezlere yöneltmektir.



Hypotheses non Fingo!

Newton, fizik ve matematiğe yaptığı değerli katkılarının dışında, aynı zamanda bilimsel incelemenin ilke ve kurallarının ne olması gerektiği konusunda da özgün düşünceler geliştirmiş biridir. Bilimsel bilginin elde edilme süreci açısından katkıları göz önüne alındığında, özellikle bilim felsefesinde sınırlandırma ayraç adı verilen ve bilimle bilim olmayan etkinliği birbirinden ayırt etmenin nasıl gerçekleştirileceğine ilişkin ilkelerden oluşan katkıları dikkat çekmektedir. Bu konuda iki ilke kabul eder: 1) Bilimsel inceleme fenomenin deneysel olarak ölçülebilen boyutlarının yani görünen niteliklerinin nicel olarak ifade edilmesiyle sınırlandırılmalıdır. 2) Bilimsel incelemede varsayımlar dışarıda tutulmalıdır.

Daha önce Johannes Kepler (1571-1630), Galileo ve Descartes tarafından dile getirilmiş olmasına karşın Newton birinci ilkeyi geliştirerek, bilimsel çalışmada gerçek anlamda sayı uygulaması veya nicelleştirmenin gerçekleşmesini sağlamıştır. Buna karşılık ikinci ilke ise bütünüyle Newton'a aittir ve özgün bir yenilik olması bakımından değerlidir. Newton'un bu iki ilkeyle hedeflediklerini anlamamız noktasında, konuya ilişkin görüşlerini sergilediği çalışması *Principia* yeterince aydınlatıcıdır. Newton *Principia*'nın birinci baskısına yazdığı önsözde bilimsel çalışma için sunları belirtmektedir:

Eskilerin, doğal nesnelere araştırılmasında en büyük önemi mekanik bilimlerine vermelerinden ve modernlerin de özlere ilişkin formları ve okült nitelikleri reddetmelerinden bu yana, doğa olgularını matematik yasalara konu yapma çabası içerisindeyiz. Ben bu incelemede felsefeyle ilgili olduğu ölçüde matematiği kullanmaya çalıştım. ... Bu yüzden, çalışmama felsefenin matematik ilkeleri adını verdim. Çünkü felsefenin bütün ağır yükü hareket olgularından doğanın kuvvetlerini keşfetmek, daha sonra da bu kuvvetlerden hareketle diğer olguları kanıtlamaktan ibaretmiş gibi görünmektedir.

Alıntıda ki koyu metin bilimsel çalışmanın başlangıcının da bitiminin de olgu olması gerektiğini belirtmektedir. Bilimsel çalışmaya karşı takındığı bu tutumundan dolayı Newton'a pozitivist denmiştir. Yani bilimde salt spekülasyonlara yer vermediği, olgulardan elde edilen kanunlar yardımıyla yeni olguları açıklamayı ilke olarak benimsediği belirtilmektedir. Newton'u böyle bir açıklamaya

Yaşam Öyküsü

Klasik fiziğin en önemli temsilcisi olan Isaac Newton, 1642 yılının Noel günü, Lincolnshire Woolsthorpe'da doğdu. Babası o doğmadan üç ay önce ölmüştü. Anneanesi ve annesi tarafından yetiştirilen Newton, ilkokulu Woolsthorpe'a on kilometre mesafedeki Grantham kasabasında tamamladı. Bedensel olarak zayıf ve cılız biri olduğu için, arkadaşlarıyla oyun oynamaya cesaret edemediğinden sürekli tek başına yaptığı oyuncaqlarla oynardı. Belki de bu nedenle el becerisi çok gelişti ve çevresindekileri şaşırtacak oyuncaklar geliştirdi. Yaptığı kanatlı çark ile 1658 yılında, daha 16 yaşındayken, İngiltere üzerinden geçen bir siklonun hızını doğru olarak ölçmeyi başardı. Çiftlikte geçen çocukluk ve gençlik yılları Newton için heyecanlı bir dönem oluşturmada da, özellikle yalnızlığını gidermek için yaptığı araçlar onun hayal gücünün gelişmesinde ve bilime yönelmesinde etkili olmuştur. Çiftlik işlerine duysuz kalmasına kızan annesi sonunda üniversiteye gitmesine izin verdi. Cambridge Üniversitesi giriş sınavına hazırlanması için Woolsthorpe eczacısının yanına pansiyoner olarak yerleşen Newton, burada jeoloji ve simya üzerine yazılmış kitapları okuma fırsatı buldu. Yaşamının ileri evresinde Newton'un bütünüyle simyaya yönelmesinde bu okumanın etkili olduğu söylenebilir. Durum ne olursa olsun bu dönemin Newton'un matematik ve felsefe üzerine yoğunlaştığı bir dönem olduğu açıktır. Çünkü kısa süre sonra Cambridge'e yerleşir yerleşmez yoğun bir şekilde matematiğe yönelmiş, yıldızları ve gezegenleri gözlemleyerek günlerini geçirmiştir. Üniversiteye başlar başlamaz bu denli yoğun çalışması ve çalışacağı alan konusunda hiçbir tereddüdünün olmaması onun önceden hazırlıklı olduğunun açık bir göstergesidir. Cambridge'in Newton'un entelektüel yönünün oluşmasında olağanüstü bir etki yaptığı elbette tartışılmaz, ancak burada Isaac Barrow ile tanışması ise onun için gerçek bir şanstır. Cambridge'de matematik profesörü olan ve aynı zamanda Lucasian Matematik Kürsüsü başkanı olan Barrow, Newton'un çok iyi yetişmesini sağladığı gibi, kısa bir süre sonra kürsü başkanlığını da ona bırakarak öğrencisinin bilimsel kariyerine güçlü bir şekilde başlamasını sağladı. Newton 1664 yılında Cambridge'den mezun oldu,

ancak kısa süre sonra veba salgını dolayısıyla üniversite kapatılınca, Woolsthorpe'a geri dönmek zorunda kaldı. Çiftlikte kalacağı iki yıl hayatının en verimli dönemi olacak, matematiğe ve fiziğe ilişkin keşiflerinin temellerini burada atacaktır. Ünlü düşme yasası ve evrensel çekim yasasının keşfi, beyaz ışığın doğasının analizi, flüksiyon yöntemi gibi keşifleri yaptığında 25 yaşındaydı. Newton, temel düşüncelerini ve matematiksel kanıtlarını geliştirdiği deneysel araştırma ürünü bu çalışmalarının sonuçlarını iki temel yapıtımda kaleme almıştır. Önce mekaniğin ve kozmolojinin sorunlarını tartıştığı ve bilim dünyasında kısaca *Principia* olarak tanınan büyük yapıtı *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*'yı (Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri, 1687), ardından da gün ışığının bize beyaz görünmesine karşın, aslında pek çok rengin karışımından oluştuğunu belirten buluşunun yer aldığı *Opticks* (Optik, 1704) adlı kitabını yayımladı. Bu iki kitap 17. yüzyıl biliminin gelişimini doğrudan etkileyen temel bilim eserleridir. Öyle ki Newton bu kitaplarında hem fizik bilimine doğrudan katkı getirmiş, hem de bilimin ne tür bir araştırma süreciyle ilerleyebileceği konusunda yetkin örnekler vermiştir. Yaşamının sonlarına doğru teoloji ve simya konularına da ilgi göstermiş olan Newton, 1727'de ölmüştür.



Çizim: Hasan Aksoy

Newton ve kütleçekimi
Kütleçekimini Newton'un Woolsthorpe'da bulunduğu sırada bir elmanın düşüşünü gözlemlemesi sonucunda keşfettiğinden söz edilir. Böyle bir durum gerçekte yaşanmış olabilir. Ancak yaşanmış olup olmadığı aslında çok önemli değildir. Çünkü keşfin nedeni elmanın düşüşünün gözlemlenmesi değil, düzenli, sistemli ve tutarlı bir düşünce sürecidir. Kuşkusuz bir elmanın, yaprağın veya taşın düşüşünü ilk kez gözlemleyen Newton olamaz. Bu ve benzeri durumlarla birçok insan pek çok kez karşılaşmıştır. Ancak keşif yapamamışlardır. Önemli olan elmanın düşüşü değil, düşmeyi fizik bir kuralla eşleştirebilme yetisidir.



iten aslında Descartes'ın bilimsel yöntem anlayışına karşı çıkmak düşüncesidir. Descartes temel fizik yasalarının metafizik ilkelerden türetilebileceğini savunuyordu. Newton'un yaptığı bilimsel çalışma tanımında ise, olgudan kaynaklanmayan her türlü açıklama modeli dışarıda bırakılmıştır. Öyle ki bilimsel bilginin elde edilme sürecinin birinci adımı bütünüyle gözlem ve deneyi esas almakta ve bunlardan sonuç çıkarılmaktadır. Bu tutumunda kararlı olduğunu belirtmek için de Newton çalışmalarında "varsayım uydurmadım" (Hypotheses non Fingo) sözünü dile getirmektedir. Burada vurgulanmak istenen elbette bilimsel çalışmada varsayıma yer vermemek değil, deneyden gelmeyen varsayımlara itibar etmemektir. Çünkü Newton'un kullandığı anlamda varsayım hiçbir şekilde ölçüme dayanmayan veya nicel olarak ifade edilemeyen okült nitelikleri ifade etmektedir. Newton doğayla ilgili bir kuram oluşturmak için böyle bir yöntem kullanılmasına karşı çıkarak, bilim insanının genellemelerini olaylarla ilgili yaptığı dikkatli incelemelere dayanması gerektiğini ileri sürmüştür.

Newton'a göre, bilimsel araştırmanın başlangıç ve bitiş noktası olgulardır ve bilim insanının görevi de bu olguların deneysel olarak ölçülebilen apaçık özelliklerinin değerini saptanmaktır. Böylece o doğa felsefesi adını verdiği fiziğin içeriğini olguların apaçık özelliklerine ilişkin önermelerle, bu önermelerden hareketle ulaşılan kuramlarla ve daha ileri düzeyde araştırmalar için yol gösteren sorularla sınırlamaya çabalamıştır. Özellikle de kaynağı olgu olmayan varsayımları bi-

limden dışlamaya çalışmıştır. Çünkü Newton varsayım denince ölçme yöntemi bilinmeyen ve anlaşılabilir özellikleri belirten terimlerden oluşan önermeleri anlıyordu. Ona göre kuram deneysel temellere dayanan önermelerden oluşur ve bu önermelerin son derece kesin deneysel kanıtları olmalıdır.

Bilimsel Usavurma Kuralları

Newton'un bu tarz bir kuramı bilimsel çalışmada öne çıkarması, aslında bilimin kuramsal boyutuna ilk kez vurgu yapıyor olması bakımından çok değerlidir. Bu vurgusuyla hem salt spekülasyona dayalı bilimsel yönteme karşı çıkmakta hem de bilimsel yöntemin hem tümevarımsal hem de tüm-dengelimsel birer aşama içermesi gerektiğini savunmaktadır. Bütün amacı bilimsel araştırmayı verimli açıklamaları olan varsayımlara yöneltmektir. Bunun için *Principia*'nın "Dünya Sistemi" başlıklı üçüncü bölümüne "Felsefede Usavurma Kuralları" adını verdiği dört kuralın anlatımıyla başlamıştır. Burada sürekli yinelenen felsefe ifadesiyle kuşkusuz doğadaki her tür değişimin nedensel analizini yapmakla görevli olan fizik kast edilmektedir. Dört kural şunlardır:

- Doğal nesnelerin görünüşlerini açıklamak için doğru ve yeterli olan neden veya nedenler dışında daha fazla neden kabul etmemek,
- Olanaklı olduğu ölçüde, aynı doğal sonuçları aynı nedenlere bağlamak,
- Cisimlerin, derecesinde ne artma ne de azalmanın söz konusu olduğu ve yapılan bütün deneylerde sürekli olarak ortaya çıkan ve hepsinde ortak olduğu gözlemlenen niteliklerinin evrensel nitelik olduğunu kabul etmek,
- Deneysel felsefede, olgulardan tümevarım yoluyla çıkarılmış önermelerin kesin ya da kesine çok yakın doğrular olduğunu benimsemek ve bunları daha kesin ya da özel durumlara ilişkin kabul etmek, başka olaylar ortaya çıkana kadar da akla gelebilecek aksi varsayımları dikkate almamak.

Bu kurallarda iki temel görüşün ileri sürüldüğü dikkat çekmektedir: 1. Yeter neden; 2. Neden sonuç bağıntısının evrenselliği.

1. Yeter neden: Newton'a göre bir olayı açıklarken asıl ve yeter nedenden daha fazlasına gerek yoktur. Eğer bir olay varsa ve bu olayı A ve B gibi iki neden meydana getiriyorsa, başka neden aramak anlamsızdır. Filozoflar boşuna "doğa gereksiz işlerden kaçınır" dememişlerdir. Doğa yalınlıktan hoşlanır.

2. Neden sonuç bağıntısının evrenselliği: Aynı sonuçlar benzer ve aynı nedenin sonucudur. Örneğin, bir taşın Avrupa'da ve Amerika'da düşüşü, bir ışığın yeryüzünde ve yıldızlarda benzer şekilde kırılması hep aynı nedenin sonucudur.

Newton'un birinci kuralı daha sonra çeşitli bilim felsefecileri tarafından eleştirilmiştir. Eleştirilerin önemli bir kısmı bu kuralda Newton'un dile getirdiği "asıl neden" belirlenmesiyle neyi amaçladığının veya kastettiğinin belirgin olmadığıdır. Çünkü asıl nedenin veya nedenlerin saptanması için gereken ölçütleri belirlemede başarısız olmuştur. Eğer Newton bir tür olayın asıl nedenini başka tür olayları ortaya çıkarmada etkili olduğu hâlihazırda bilinen nedenlerle sınırlanmayacağına kastediyorsa, kural fazlasıyla sınırlayıcı olur ve yeni nedenlerin tanıtımını engeller. Dolayısıyla bu kural bilimsel araştırmayı yönlendirmek için fazla belirsiz kalmaktadır. Newton'un bu kuralla gerçekte neyi kastetmiş olacağı konusunda yorumlar da yapılmıştır. Bu yorumlara göre, Newton herhangi bir nedenin daha önceden belirlenmiş nedenlerle bazı benzerlikler gösterdiğini dile getirmiş ve yetersiz almasıyla elendikten sonra, bir kuramda yer verilen ve farklı türdeki olayların incelenmesiyle elde edilen tümevarımsal kanıtlar tarafından desteklenen nedene asıl neden demiştir.



Bilimsel Yöntem Anlayışı

Modern bilimin iki önemli aracı olan gözlem ve deney aracılığıyla başarıya ulaşan Newton, matematik yoluyla da yeni bir madde ve hareket anlayışının düşünsel temellerini oluşturmuştur. Bu noktada kendisinin dediği gibi önceki devlere çok şey borçludur. Yi-



Hüseyin Gazi Topdemir, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi (DTCF), Felsefe Bölümü, Sistemantik Felsefe ve Mantık Anabilim Dalı'nı bitirdikten (1985) sonra, 1988'de "Kemâlüddîn el-Fârâsî'nin İbn el-Heysem'in *Kitâb el-Menâzir* Adlı Optik Kitabına Yazdığı Açıklamanın Yakan Kürelerdeki Kırılmaya Ait Bölümü'nün Çevirisi ve Kritiği" başlıklı tezle yüksek lisans ve 1994'te de "Işığın Niteliği ve Görme Kuramı Adlı Bir Optik Eseri Üzerine Araştırma" başlıklı tezle de doktora programını tamamladı. Bilimsel çalışma alanları, bilim tarihi ve bilim felsefesi olan yazarın bu konularda birçok çalışması bulunmaktadır. Halen DTCF, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı'nda profesör olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

ne de yorulmak bilmeden yaptığı çalışmaları sonucunda geleneksel bilim anlayışında köklü bir değişimi gerçekleştirmiş ve her bilimin idealinin kuramsallaşmak olması gerektiği düşüncesini vazgeçilmez bir ilke haline getirmiştir. Onun çalışmaları sonucunda bilim artık tek tek olguların anlaşılmasına yönelik bir etkinlik olmaktan çıkmış, görünüşte aralarında hiçbir ilişki olmayan pek çok olgu türünü (örneğin, elmanın yere düşmesi ile Ay'ın Yer etrafında dönmesi gibi) bir kavram (kütleçekimi) çerçevesinde toplama ve açıklama olanağı sağlayan geniş kapsamlı bir etkinliğe dönüşmüştür. Böylece genellemeye gitmek için öncelikle olgunun sıkı bir şekilde gözlenmesinin gerektiğini vurgulayan bu tutum, Newton'un bilimsel çalışma sürecini nasıl tasarladığını ortaya koyması bakımından da anlamlıdır. Burada dikkatlice ifade edilmiş üç adım söz konusudur: 1) Gözlem-deney, 2) Kuram oluşturma, 3) Öndeyi.

Gözlem

Bir olgunun ayrıntılarıyla izlenmesi ve onu oluşturduğu gözlemlenen unsurların belirlenmesidir. Gözlemler Ay'ın Yer etrafında döndüğünü ve yörüngesinin değişmediğini, ağacın dalındaki elmaların daima Yer'e doğru düştüğünü göstermektedir. Bilimin amacı doğada olup bitenleri matematikle açıklamak olduğuna göre, bu gözlemlenen olguların ölçülebilir öğelerini belirlemek gerekmektedir. Ay'ın Yer etrafında dolanımı örnek alındığında, bu olguyu oluşturan öğelerin Ay ve Yer olduğu açıktır. Öyleyse öncelikle bu öğelerin ölçülebilir (niceliksel) boyutlarını belirlemek gerekecektir. Bunlar da Ay'ın kütlesi, Yer'in kütlesi, Ay'ın ve Yer'in hızları, dolanım süreleri ve aralarındaki mesafedir.

Deney

Gözlemlenenlerin neden böyle olduğunun orta-ya konulması, yani olgunun nedenlerinin belirlenmesidir. Başka bir deyişle olguların gözlemlenmesinden edinilen bilgilere dayanarak açıklayıcı varsayımların oluşturulmasıdır. Örneğin neden Ay Yer'in etrafında doluyor da uzaklaşıp gitmiyor? Newton gözlemlerinden bunun nedeninin kütleçekimi olduğunu çıkarıyor. Çünkü Ay aslında gitmek istiyor ancak Yer onu kendisine doğru sürekli çekiyor. Peki, neden elmalar daldan Yer'e doğru düşüyor da, gökyüzüne doğru gitmiyor? Veya neden Yer Güneş'in etrafında doluyor da çekip gitmiyor? Bu ve benzeri soruların da yanıtlarının bulunması gerekmektedir. Bunun için kütleçekimini bir varsayım olarak benimsemiş olan Newton, benzetime başvuruyor. Eğer Ay'ı yörüngesinde tutan kuvvet kütleçekimi ise elmanın Yer'e düşmesinin nedeni de kütleçekimi olmalıdır. Benzer şekilde, Yer aslında uzaklaşmak istiyor ancak Güneş onu sürekli kendisine doğru çekiyor.

Newton'un, düşünsel çıkarımını sağlayan asıl neden burada kütleçekimidir: Ay büyük bir kuvvet etkisiyle Yer'in etrafında dolanmakta, fırlatılan bir nesne de bir süre sonra Yer'e düşmektedir. Bu iki hareketi sağlayan da aynı kuvvettir: kütleçekimi.

Kuram

Böylece Newton, elmanın yere düşüşü ile Ay'ı yörüngesinde dolanmaya zorlayan kuvvet arasında bağ kurmayı başarmıştır. Artık o kütleçekiminin elmayı etkilediği gibi, Ay üzerinde de etki yaptığından emindir. Ancak bu kuvvetin miktarının belirlenmesi, yani konunun matematiksel olarak gösterilmesi ve dolayısıyla da kütleçekimini ölçmekte kullanılacak bir yöntem gereksinim vardır.

Kısa süre sonra Newton yukarıdaki varsayımını Ay'ın dolanım hareketine uygulamış ve şu çıkarımda bulunmuştur: Eğer bir dağın tepesinden atılan mermi, yeteri kadar hızlı fırlatıldığında, Yer'e düşmeyip, kazandığı merkezkaç kuvvetle kütleçekim kuvvetinin dengelenmesi sonucu, tıpkı doğal bir uydu gibi Yer'in çevresinde dolanıyorsa, o zaman Ay da aynı koşulların sonucu dolanım hareketi yapmaya zorlanıyor demektir.

Böylece Newton, çekimin matematiksel ifadesini vermeye girişir. Elmanın basit bir biçimde Yer'in merkezine doğru çekildiğini gözlemleyen Newton, bu düşüşü Ay'a kadar uzatmış ve Ay'ın Yer'e doğru düşüş ivmesi ile bir elma veya bir taşın Yer'e düşüş ivmesi arasındaki bağıntıyı nasıl vereceğini tasarlamıştır. Buna göre her iki düşüşte gerçekleşen ivme miktarı Ay ve elmanın Yer'in merkezine uzaklıklarıyla orantılı olmalıydı. Hesaplarını buna göre yapan Newton, sonunda ünlü yasaya ulaşmayı başardı: Kuvvet, gezegenin kütlesiyle doğru orantılı, Güneş'e olan uzaklığının karesiyle ise ters orantılıdır. O halde çekim kuvvetinin evrensel ifadesi,

$$F = G \cdot \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

olmalıdır. Böylece Newton, Kepler'in üçüncü yasası yardımıyla iki cisim arasında bulunan çekimi ifade etmeyi başarmış ve bütün evreni yöneten tek bir kanun olduğunu kanıtlamıştır. Bundan dolayı da bu kanuna evrensel çekim kanunu denmiştir. Sonuçta Newton, bütün gök cisimlerinin, birbirlerini çekmelerine neden olan güçlü bir çekme kuvvetine sahip oldukları bir evren tasarlamıştır. Güneş en büyük gök cismi olduğu için sistemin merkezindedir ve sisteme egemendir; sistemindeki tüm gök cisimlerini, çevresinde eliptik yörüngeler izleyecekleri şekilde kendine doğru çekmektedir. Gerçekte Newton, Yer'e düşen bir taş ile bir gezegenin hareketi arasında ki ilişkiyi göstermiştir.

Kaynaklar

Bixby, W., *Galileo ve Newton'un Evreni*, çeviren: Nermin Arık, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1997.
Christianson, G. E., *Isaac Newton - Bilimsel Devrim*, çeviren: Zekeriya Aydın, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2004.
Gower, B., *Scientific Method*, Routledge, 1997.
Koyré, A., *Bilim ve Devrim Newton*, çeviren: Nur Küçük, Salyangoz Yayınları, 2006.

Newton, I., *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Great Books of Western World, İngilizceye Çeviren: Andrew Motte, 34. Cilt, Encyclopaedia Britannica Inc., 1952.
Newton, I., *Opticks or A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light*, Dover Publications, 1952.
Topdemir, H. G., Unat, Y., *Bilim Tarihi*, Pegem Yayınları, 2009.