

# Doğa Felsefesinden Fiziğe: Galileo Aristoteles'e Karşı

Bugünkü anlamda olmasa bile, fizik denilen bilimsel etkinliğe benzer bir etkinlikle hayli erken dönemlerde karşılaşılır. Felsefe tarihinin büyük temsilcilerinden biri olan Aristoteles'in (MÖ 384-322) Antik Grek döneminde *Fizik* adlı bir kitap yazdığı biliniyor. O çalışmasında Aristoteles, değişim konusunu ve bir değişim türü olarak hare-

keti irdelemişti. Modern bilimin öncülerinden Isaac Newton (1642-1727) ise fizik kitabına *Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri* adını vermişti. Bugün fizik adı verilen bilim dalına, bilim tarihinin değişik dönemlerinde aynı amaca yönelik bir etkinliği betimlemek üzere, doğa felsefesi veya fizik dendiği anlaşıyor.

## Aristoteles'in Doğa ve Bilim Anlayışı

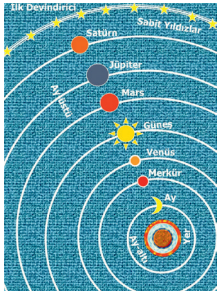
Bir sağduyu filozofu olan, yani duyularının kendisine var olduğunu gösterdiği dünyayı anlamak ve açıklamak isteyen Aristoteles'e göre, üzerinde yaşadığımız bu dünya gerçektir ve doğduğumuzda karşımızda bulduğumuz ve insan tarafından yapılmamış her şeye doğa denir. İnsan doğayı duyularıyla tanır ve doğanın bilgisini edinir. Duyularımız doğada sürekli bir oluş ve bozuluş olduğunu, varlıkların düzenli bir şekilde değiştiğini gösterir. Toprağa atılan tohum başak olur, ağaçlar yaprak döker, meyve verir, Güneş her gün doğar ve batar. Demek ki doğa değişiyor, oluş ve bozuluşa uğruyor. Öyleyse görevi varlığı ve varlıklara ilişkin değişimleri araştırmak olan doğa filozofunun yapması gereken de bu değişimlerin nedenlerini bulmak.

Duyular aracılığıyla algılanan ve bu yoldan tanınan bir dünyada bilimsel araştırmalar yapan Aristoteles, doğal olarak tanık olduğu değişimleri anlamak ve açıklamak istemişti. Düşüncelerinin temeline bütünüyle duyuların sağladığı verileri koyduğu için de, sonuçta her şeyin bütünüyle duyular aracılığıyla kavranabilen niteliklerine göre (ağır, hafif, yumuşak, sert vb.) betimlendiği bir dünyayı bilgiye ve bilime konu yapmıştır. Ona göre, duyuların gösterdiği tek bir evren vardır. Bu evren merkezinde Yer olan, onun çevresinde de iç içe geçmiş kürelere çakılı olarak sırasıyla Ay, Merkür, Venüs, Güneş, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün dolandığı, büyük bir küresel bütündür. Bu küresel bütünün en dışında ise hiçbir değişim ve hareketin olmadığı sabit yıldızlar bulunur. Sabit yıldızlar küresi aynı zamanda Tanrı'dır.

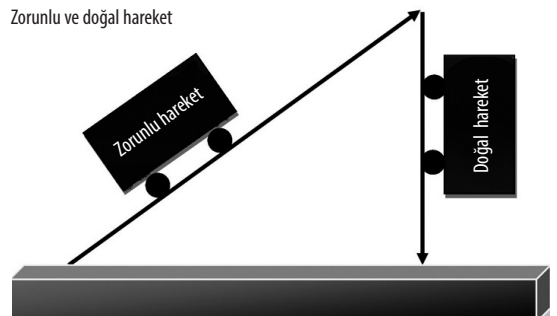
Evren tektir, küreseldir ve her türlü varlığı sarmalar, ancak homojen değildir. Nitelik bakımından bütünüyle farklı öğelerden oluşan iki kısma ayrılır. Merkezdeki Yer'den Ay'a kadar olan kısım Ay-altı evreni, Ay'dan sabit yıldızlar küresine kadar olan kısım ise Ay-üstü evreni oluşturur.

Ay-altı evren en alta toprak, onun üzerinde de sırasıyla su, hava ve ateş öğelerinden oluşur. Dolayısıyla Ay-altı evrendeki her bir nesne, kendisini oluşturan bu öğelerden hangisi daha fazla ise o öğenin oluşturduğu kürede bulunur. Örneğin taş neredeyse tamamen topraktan oluştuğu için toprak küresine, alev ise ateş küresine aittir. Öyleyse evrendeki her bir nesnenin doğal bir yeri vardır. Dolayısıyla değişim, bir varlığın doğal yerinin değişmesi demektir. Örneğin bir taş havaya fırlatılırsa, doğal yeri değiştirilmiş olur. Doğal yerinde bulunmak, doğasına uygun halde yaşamak da doğa gereği olduğundan, hiçbir nesne veya varlık, dış bir neden tarafından mecbur edilmedikçe, kendi isteğiyle doğal yerinin dışında bulunmaz.

Bu belirlemelerinden hareketle Aristoteles, her tür değişimin ya zorunlu ya da doğal olarak gerçekleştiği sonucuna ulaşmıştır. Bir nesnenin dış bir nedenden dolayı uğradığı değişime zorunlu değişim, kendi doğal küresine gitmek veya doğasının gerektirdiği bir durumu gerçekleştirirken uğradığı değişime ise doğal değişim adını vermiştir. Ona göre ister zorunlu isterse doğal olsun, her tür değişim özsel ve ilineksel olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Eğer bir nesne, tıpkı bir taşın havaya fırlatılmasında olduğu gibi,



Aristoteles'in evren modeli



doğal yerinin dışına çıkmış veya çıkarılmış ise onun uğradığı değişim özselidir. Buna karşılık, bir arabanın bir yerden başka bir yere gitmesinde olduğu gibi, bir nesne doğal küresinin içinde sadece yer değiştirmişse, bu değişim ilinekseldir. Bununla birlikte, kendi doğal küresinde doğasına uygun şekilde bulunmak, her varlığın doğası gereği olduğundan her türlü değişimin bir dış etkenden dolayı olduğunu da bilmek gerekir. Dolayısıyla nedensiz değişim olmaz. Aristoteles'e göre bilimsel araştırma yapmak da bu türden değişimlerin nedenlerini ortaya koymaktır.

Aristoteles, doğa felsefesinin temel konularından biri olan hareketi de bu bakış açısıyla ele alır ve bir değişim türü olarak kabul eder. Gözlemler, evrenin Ay-altı kısmında hareket şeklinde gerçekleşen değişimin iki türlü olduğunu göstermektedir: Doğal ve zorunlu. Kuvvet etkisi altında gerçekleşen harekete **zorunlu hareket**, kuvvet ortadan kalktıktan sonra, nesnenin kendi doğal yerine gitmek için yaptığı harekete de **doğal hareket** denir. Zorunlu harekette, hareketi sağlayan bir dış kuvvet iken, doğal harekette nesneyi oluşturan ögenin niteliğidir. Eğer nesne toprak veya su gibi ağır öğelerden oluşmuşsa merkeze doğru, hava ve ateş gibi hafif öğelerden oluşmuşsa, merkezden öteye hareket edecektir.

Zorunlu hareket de iki türdür: Hareketi sağlayan kuvvet, bir kişinin el arabasını sürekli itmesinde olduğu gibi, nesne üzerindeki etkisini nesnenin hareketinin her anında sürdürüyorsa **sürekli zorunlu hareket**, bir taşın fırlatılmasında olduğu gibi, ilk hareketi sağladıktan sonra kesiliyorsa **sürelil zorunlu hareket**dir.

Ayrıca bütün hareketlerin bir ortam içinde gerçekleşmesi zorunludur. "Boşlukta" hareket olamaz. Boşlukta hareketin olabileceğini düşünmek, hızın sonsuz olabileceğini kabul etmek demektir ki, bu saçmadır.

Evrenin Ay-üstü kısmında ise hiçbir değişim yoktur. Çünkü burası toprak, su, hava ve ateşten niteliksel olarak bütünüyle farklı olan beşinci bir unsurdan, eterden oluşmuştur.

Sürekli zorunlu hareket



Eter mükemmeldir ve doğasındaki mükemmelliği evrenin o kısmına da vermektedir. Dolayısıyla burada söz konusu olan hareket özsel değişime yol açmayan, sadece yer değiştirme biçiminde gerçekleşen dögüsel yani dairesel bir harekettir.

## Modern Dönem Öncesi Fizik

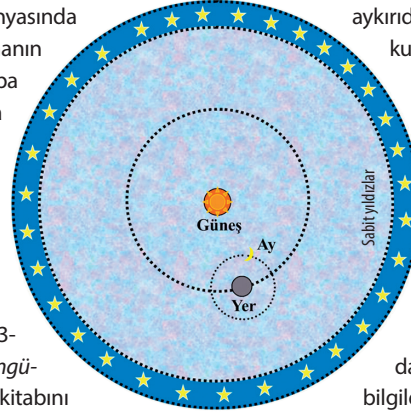
Aristoteles'in fizik ve evren anlayışı yıllarca Doğu'da ve Batı'da neredeyse tartışmasız kabul görmüştür. Klasik Dönemde İslam dünyasında "muallim-i evvel" olarak kabul edilirken, Ortaçağ Hıristiyan dünyasında kuramlarına karşı çıkmanın neredeyse kutsal kitaba karşı çıkmak anlamına geldiği, kutsallaştırılan bir bilim insanı haline gelmiştir. Bu rakipsiz otorite durumu ve kutsallaştırılmışlık, kendisi de bir din bilgini olan Mikolaj Kopernik (1473-1543) *Gökkürelerinin Dögüsel Devrimi* (1543) adlı kitabını yayımlayana kadar sürmüştür.

Batılıların *Kopernik Devrimi* diye adlandırıldığı değişim aslında yeni olmaktan çok uzaktı. 1850 yıl önce Sisamlı Aristarkhos (MÖ 310-230) Kopernik'in söylediklerinin hemen hemen aynısını ileri sürmüştü. O dönemde Aristarkhos kendi fizik sistemini kurmadığından, Yer'in dolanım hareketi yapmasını fiziksel açıdan anlamlandıramamış ve kabul görmemişti. Aslında aynı durum Kopernik için de söz konusudur. Bu yüzden Kopernik'in başlattığı değişim, ancak Tycho Brahe (1546-1601), Johannes Kepler (1571-1630), Galileo Galilei (1564-1642) ve Isaac Newton (1642-1727) tarafından tamamlanmıştır.

Fiziksel temelden yoksun olmakla birlikte, Kopernik'in yeniden ortaya attığı gök modeli, bilim insanları için gerçek anlamda bir tartışma zemini yaratmıştı. Çok uzun zamandan beri uygulanmakta olan Yer merkezli evren modelinin karşısına şimdi Güneş merkezli evren modeli konulmuştu ve hangisinin evrenin gerçek doğasını yansıttığının açıklığa kavuşturulması gerekiyordu. Bunu yapmanın en ideal yolu da güvenilir gözlemler yapmaktır. Bu gerçeği kavrayan astronom Brahe, Danimarka Kralı II. Frederick'in desteğiyle Hven Adası'nda Uranibourg Gözlemevi'ni kurdu.

Brahe, bu gözlemevinde dikkatli bir biçimde gözlemlerini sürdürürken, 1572 yılında Cassiopea Takımyıldızı'nda yeni ve çok parlak bir yıldız (nova) doğar. Yaptığı hesaplamalarla,

bunun sabit yıldızlar bölgesinde ortaya çıkan yeni bir yıldız olduğunu belirler. Aristoteles fiziğine göre eterden yapılmış olan bu bölge mükemmeldi ve burada yeni hiçbir şey var olamayacağı gibi, var olan bir şey de yok olamazdı. Öyleyse bu yıldız o dönemde etkin tek kuram olan Aristoteles'in evren kuramının temel ilkelerine aykırı bir durumun göstergesiydi. Brahe bu sorunu henüz çözememişken, 1577 yılında bu kez bir kuyruklu yıldız gözlemliyor ve bu yıldızın da Ay küresinin çok uzağında olduğunu saptıyor. Bu da Aristoteles kozmolojisine aykırıdır. Çünkü Aristoteles'e göre, kuyruklu yıldızlar Ay küresinin altında bulunan gök cisimleridir. Böylece Brahe, başlangıçta Aristoteles fiziğinin ve evren modelinin geçerliliğini savunmayı ve haklı kılma amaçlarken, sonunda bu sistemin geçersizliğini ortaya koymak durumunda kalmasına, bütün gözlem bilgilerine ve hesaplamalarına



Aristarkhos'un evren tasarımı

rağmen "Yer hareket ediyorsa, fırlatılan bir okun hedefine değil, başka bir noktaya gitmesi gerekir; bunun gibi Yer hareket ediyorsa, yıldızları değişik açılardan görmeliyiz, ayrıca İncil'e göre Güneş'e hareket verilmiştir, dur dendiğinde duracaktır; dolayısıyla hareket eden Yer değil, Güneş'tir" gibi gerekçelerle Aristoteles fiziğini savunmayı sürdürdü ve Kopernik'in evren modelini ve Yer'in hareket ettiğini kabul etmedi.



Uranibourg Gözlemevi'nin Brahe tarafından yapılmış resmi

Brahe, Kopernik modeline karşı çıkmak için bunları ileri sürse de en sonunda kafası karışmış vaziyette her iki modeli de içeren kendince yeni bir evren modeli önerdi. Bu model Güneş-Yer merkezli evren modelidir. Gerçi bunun da mucidi kendisi değil Herakleides'tir (öl. MÖ 310).



Galileo'nun çalışma odası

Brahe kafası karışık halde yaşama veda etmeden önce kendisine yardım etmesi için Kepler'i yanına çağırmıştı. Kepler, üniversite yıllarında mevcut anlayışları savunmaktan çok yeni düşüncelere bağlanmayı yeğleyen Michael Mastlin (1550-1631) adlı matematik hocasından dönemin yüksek matematiğini öğrenmiş ve yeni olanın peşine düşmeyi benimsemiş genç bir bilim insanıydı. Hven Adası'na geldikten sonra zaman zaman Brahe ile girdiği tartışmalarda hep Kopernik modelini savunan Kepler, Brahe'nin ölümüyle onun son derece dakik gözlem kayıtlarından oluşan dev bir bilgi mirasına sahip olmuş, matematik bilgisinin de yardımıyla gezegenlerin yörüngelerinin daire değil elips olduğunu keşfetmiştir. Kopernik modelinin fizik temelini gösterememiş olsa da, bu başarısından dolayı Kepler, modern gök mekaniğinin kurucusu olarak kabul edilir.

Bütün bu çalışmalar Klasik dönem hareket fiziğinin problemlerinin çözümlenememesiyle son buldu. 16. yüzyıldan itibaren yeni bir bilim ve yeni bir hareket anlayışı doğmaya başladı. Bu anlayışın en belirgin özelliği merkezden uzaklaştırılmış olan Yer'e bir fizik temeli oluşturulmasıdır.

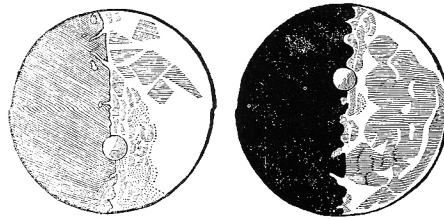
## Galileo ve Doğanın Matematik Aracılığıyla Kavranması

Galileo'ya göre bilgiyi elde etme yöntemi matematiktir. Çünkü bilimin konusunu oluşturan doğa matematik diliyle yazılmıştır ve onu anlayabilmek için sembollerini bilmek gerekir. Bunları bilmeden doğanın gizleri açığa çıkarılamaz. Bu anlamda bilim doğadaki matematiği keşfetme ve matematik bağlantıları kavrama etkinliğidir. Öyleyse bir doğa bilimi olan fizik de incelemelerini yalnızca birincil nitelikler arasındaki ilişkilerle sınırlamalıdır.

Birincil nitelikler, bir ölçüye dayanan ve kişiden kişiye değişmeyen özelliklerdir. Örneğin bir nesnenin hareketi incelenecekse, artık yavaş veya hızlı şeklinde değerlendirmeler yapmak yerine yol, hız ve zaman arasındaki ilişkilere dayanmak, yani matematik uygulamak söz konusudur. Galileo, böylece Aristotelesçi ereksel açıklamaları, fiziğin dışında bırakmış ve "doğal hareketlerin doğal yerlere" doğru olduğunu belirten açıklamaların bilimsel olmadığını savunmuştur.

## Doğanın Gözlem ve Deney Aracılığıyla Kavranması

Galileo teleskopu astronomi çalışmalarında kullanan ilk bilim insanıdır. 1609 yılında yaptığı bir teleskopla önemli gözlemlerde bulunmuş ve bu gözlemleriyle Güneş merkezli sistemi desteklemiş, Aristoteles fiziğinin geçerli olmadığını kanıtlamıştır. En önemli gözlemleri Ay ve Güneş gözlemleridir. Ay'da kraterlerin, dağların ve vadilerin olduğunu görmüş ve bunun Ay ile Yer'in aynı maddelerden oluştuğunun kanıtı olduğunu söylemiştir. Güneş'i gözlemlemiş ve Güneş üzerinde bulunan koyulukların Güneş lekeleri olduğunu belirlemiştir. Orion kümesini ve Samanyolu'nu gözlemlemiş ve yıldızlardan oluştuğunu bulmuştur. Jüpiter'i gözlemlemiş ve çevresinde dolanan dört uyduyu keşfetmiştir. Satürn'ün halkasını fark etmiş ancak teleskopu güçlü olmadığı için gezegenin halkasını iki yapışık parça olarak görmüş ve bunları uydu zannetmiştir. Venüs'ü gözlemlemiş ve Ay gibi onun da safhalarının olduğunu belirlemiştir.



Galileo'nun Ay gözlemlerine ilişkin yaptığı çizim

Bu son gözlem, Kopernik modeli için önemli bir kanıttır. Çünkü Yer merkezli modelde Venüs, Yer'e sürekli belli bir uzaklıkta olabiliyordu ve sadece hilal şeklinde görülüyordu. Oysa gözlemler Venüs'ün Yer'e bazen yakın bazen çok uzak olduğunu gösteriyordu. Ayrıca Venüs, sadece hilal şeklinde değil başka şekillerde de görünüyordu. Bütün bunlar ancak Kopernik sistemi ile açıklanabildiğinden, Güneş merkezli sistem doğrulanmış oluyordu.

## Eylemsizlik İlkesinin Keşfi

Kopernik ile başlayan ve Yer'in hareket ettiği düşüncesine dayandırılan yeni astronomi anlayışı, hareket konusunu da ister istemez bilim insanlarının gündemine getirmişti. Yer'in hareket ettiği düşüncesi, başta sağduyuyu rahatsız etmesi olmak üzere (bugün de Güneş doğuyor diyoruz) bilimin ışığında açıklanamayan birçok problem doğuruyordu. Üniversite yıllarından itibaren Kopernik sistemini savunan Galileo da ilgisini hareket konusuna yöneltmek durumunda kaldı ve ilk kitabına Hareket Üzerine (*De Motu*, 1590) adını verdi. Kitabın tek bir hedefi vardı: Aristoteles'in hareket anlayışını reddetmek. Sonuç itibarıyla başarılı olmayan bu çalışmasında Galileo, Aristoteles'in doğal hareket adını verdiği serbest düşme hareketini irdeledi. Özellikle de ağırlık ve hafiflik belirlemelerinden ne anlaşılması gerektiğini tartışarak yeni bir fizik kurmayı denediği bu çalışmasında Galileo, kendisine kadar gelen dönemde kabul edildiği gibi, doğal ivmeli harekette (serbest düşme) ağırlığın önemli bir rolünün olmadığını ileri sürdü. Ona göre, düşmede nesnenin salt ağırlığı değil özgül ağırlığı önem taşır ve özgül ağırlığı daha fazla olan nesne daha hızlı düşer. Dolayısıyla hareket nesnenin yoğunluğuyla ilişkilidir. Düşme hızını bulmak için, nesnenin yoğunluğundan ortamın yoğunluğunu çıkarmak gerekir.

$$\text{Yani: } v_n \propto d_n - d_o$$

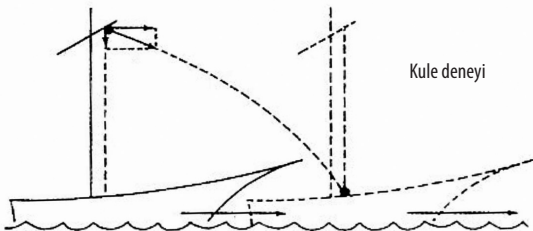
Burada  $v$  hızı,  $d_n$  nesnenin yoğunluğunu,  $d_o$  ise ortamın yoğunluğunu belirtmektedir. Nesnenin yoğunluğundan ortamın yoğunluğu çıkarıldığında, geriye özgül ağırlık kalacak ve nesne de buna bağlı olarak düşecektir.

Uzun zaman bu görüşlere inanan Galileo'nun düşüncesindeki özgün yön, nesnelerin salt ağırlıklarıyla değil görelî ağırlıklarıyla orantılı bir hızla düşeceklerini varsaymış olmasıdır. Burada dikkat çeken diğer bir yön de sadece ağırlık değil hafiflik niteliğinin de dikkate alınmış olmasıdır. Başka bir deyişle, hafiflik veya ağırlık artık Aristoteles'in varsaydığı biçimiyle mutlak anlamlarıyla değil yarattıkları etkilere bağlı olarak tanımlanmaktadır. Her şeyden önce artık mutlaklık değil görelilik söz konusudur. Örneğin bir tahta parçası hava içinde düşmekte, su içinde yükselmektedir. Öyleyse nesneler buldukları ortama göre aşağı veya yukarı hareket etmektedir. Bu hareketi belirleyen de, nesnenin ağırlığı ile hacmine eşit hacimdeki ortamın ağırlığı arasındaki farktır.

Kopernik sistemini desteklemek için bu bilgilerin önemli olduğunu fakat yeterli olmadığını fark eden Galileo, Yer'in fizik açısından hareket edip edemeyeceği, eğer hareket ediyorsa, o zaman bir kulenin tepesinden bırakılan bir topun nasıl olup da kulenin dibine düştüğü gibi problemlerin çözümlerini araştırmaya koyuldu. Bu araştırmalarının en önemli sonucu ise eylemsizlik ilkesinin keşfi oldu.

Galileo'yu eylemsizlik ilkesini keşfetmeye götüren ilk adım, aslında sarkaç yasasını bulmasıdır. Pisa Katedrali'nde tesadüfen dikkatini çeken avizenin salınımını gözlemlemesi sonucu yöneldiği sarkaç çalışması, serbest düşme kanununun bulunuşunda çok köklü bir rol oynamaktadır. Tavandaki avizenin sallanmaya başladığında daha büyük bir mesafe kat ettiğini, daha sonra giderek bu mesafenin azaldığını ve buna bağlı olarak avizenin hızının da azaldığını fark eden Galileo, gerçekte her salınım için geçen sürenin hep aynı olup olmadığını düşünmeye başladı. Bunun kesin olarak bilinmesinin tek yolu her salınımın süresini ölçmektir. Bunu yapacak bir aracı olmadığından, nabzının atışıyla salınım sürelerini karşılaştırarak, her salınımda geçen sürenin aynı olduğunu buldu. Ulaştığı sonucun doğruluğundan kesin olarak emin olmak için Pisa Üniversitesi'nde yaptığı bir deneyde, aynı uzunlukta iki ipe asılı biri mantar, biri kurşun iki sarkaç alıp her birini 90°lik açılarda salınıma bıraktı ve bunların yarım daire çizdikten sonra yerlerine dönüş sürelerinin (havanın etkisi dikkate alınmamak koşuluyla) eşit olduğunu belirledi. Sarkaç hareketi serbest düşmenin tipik bir örneği olduğu için, artık düşmede ağırlığın rolünün olmadığı anlaşılıyordu. Böylece Galileo Kopernik astronomisine fizik temeli hazırlamakta önemli bir adım atmış oldu.

Çalışmaları sonucunda Aristoteles'in evren anlayışının yıkılabileceğini fark eden Galileo, araştırmalarının ileri sonuçlarına ulaşacağı deneylere yöneldi. Bunun için hareketi eğik düzlemde ve ideal koşullar altında incelemeye başladı: Çok pürüzsüz bir metal top ve aynı şekilde pürüzsüz bir eğik düzlem olsa ve top bu eğik düzlem üzerine koyulsa ne olur? Top düzlemde aşağıya düzgün olarak artan bir hızla yuvarlanır. Yukarı doğru yuvarlanabilir mi? İlk itme verildikçe yuvarlanmaz. Ancak bu gerçekleşirse, o zaman da hareketin hızı düzgün olarak yavaşlayacaktır. Peki, top yatay bir düzlem üzerine koyulur ve herhangi bir yöne itilirse ne olur? Yanıt artık çok açıktır. Hızlanması ya da yavaşlaması için bir neden olmayacağından, top hareketini düzlemin bittiği yere kadar sürdürecektir. Eğer bu düzlem sonsuzsa hareket de sonsuza kadar devam edecektir. Galileo'yu böyle bir sonuca götüren temel kabul "hareket halindeki bir cismin dışarıdan bir kuvvet etki edinceye kadar hareketini sürdüreceğini" belirten eylemsizlik ilkesidir.



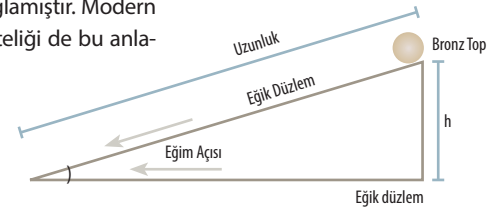
Bugün kuramsal fizikte çok sık görülen bir idealizm örneği veren Galileo, düşen nesnelere gittikçe artan bir hızla düştüğü için, düşüş hızlarını ve sürelerini doğal ortamlarda incelemenin zorluğunu yenmek için eğik düzlemi kullanmıştır. Burada amaç hareketi yerçekiminden daha küçük bir ivme altında inceleyebilmek ve zamanı da daha rahat ölçülebilmektir. Galileo bunu yaptığında ve eğik düzlem üzerinde değişik mesafelerde zamanı ölçtüğünde, başka bir deyişle topun hangi mesafeyi ne kadar zamanda aldığı hesap ettiğinde,  $S = \frac{1}{2} g \cdot t^2$  formülünü elde etti.

Böylece serbest düşme deneysel olarak da açıklanmış oluyordu.

## Yeni Fiziğin Doğuşu

Galileo yaptığı bu çalışmalarla harekete ilişkin birçok geleneksel kabulü yıkmıştır. Her şeyden önce, hareketi ve nesnelere niteliğini birbirinden ayırmıştır. Hareketin nesnelere özünde bir değişime yol açmadığını, aksine sadece nesnenin içinde bulunduğu bir durumdan ibaret olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla nesne hareket halindeyken de dururken de aynıdır. Gerçekte durmak hareketten farklı değildir. Sadece "sonsuz bir yavaşlık derecesidir." Böylece Aristotelesçi hareket anlayışı büyük bir darbe almış, yeni astronomi ve fizik büyük bir destek kazanmıştır. Çünkü madem hareket nesnenin özünde bir değişime neden olmamaktadır, o zaman Yer'in hareketli olmasında da bir sakınca yoktur.

Galileo'nun bir diğer başarısı da nesnelere hareketlerini uzaydaki koordinat sistemine göre betimlemektir. Bunun için Aristoteles'in niteliksel olarak farklılaşmış uzayın yerine niceliksel olarak farklılaşmış geometrik bir uzay koymuştur. Böylece hareketi problem, durağanlığı ise doğal gören Aristotelesçi yaklaşım yerine, hareketin matematiksel tasvirinin söz konusu olduğu, bundan dolayı da nedenin değil sonucun önemli olduğu yaklaşımı geliştirmiştir. Bu önemli bir değişimdir. Çünkü bu ikinci yaklaşımda hareket sürekli kuvvetle ilişkilendirilmediği gibi ortam da idealdir. Hareketi böyle bir ortamda tasarlamak konuyu salt rasyonel açıdan ele alma olanağı vermektedir. Bu ise mekanikte Aristotelesçi sağduyu yaklaşımının yerine rasyonel yaklaşımın egemen olmasını sağlamıştır. Modern dönem mekaniğinin temel ayırt edici niteliği de bu anlayıştan kaynaklanmaktadır.



### Kaynaklar

- Aristoteles, *Fizik*, Çeviren: S. Babür, Yapı Kredi Yayınları, 1997.
- Bernal, J. D., *Modern Çağ Öncesi Fizik*, Çeviren: D. Yurtören, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1994.
- Bixby, W., *Galileo ve Newton'un Evreni*, Çeviren: N. Arık, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1997.
- Cohen, I. B., *The Birth of a New Physics*, Penguin, 1992.
- Cushing, J. T., *Fizikte Felsefi Kavramlar I*, Çeviren: B. Ö. Saroğlu, Sabancı Üniversitesi, 2003.
- Galileo, G., *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*, Çeviren: R. Aşçıoğlu, Türkiye İş Bankası, 2008.

- Grant, E., *Orta Çağda Fizik Bilimleri*, Çeviren: A. Göker, Verso, 1986.
- Topdemir, H. G. ve S. Yılmaz, *Galileo: Dünyayı Döndüren Adam*, Sayı, 2009.
- Topdemir, H. G., "Aristoteles'in Doğa Felsefesinin Ortaçağdaki Yansımaları", *Felsefe Tartışmaları*, Sayı 37, Boğaziçi Üniversitesi, 2006.
- Topdemir, H. G., "Aristoteles'in Doğa - Fizik - Felsefesi", *Felsefe Dünyası*, Sayı 39, Türk Felsefe Derneği, 2004.
- Westfall, R. S., *Modern Bilimin Oluşumu*, Çeviren: İ. H. Duru, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1994.