

Galileo ve Doğanın Matematikle Kavranışı

Galileo, Rönesans ile Aydınlanma'nın etkilerinin gözle görülür hale geldiği bir dönemde yaşadı. Bu dönem sadece siyaset, sanat ve din alanlarında değil, bilim alanında da ciddi bir yenileşmenin yaşandığı, doğayı naif bir şekilde gözlem ve deney aracılığıyla irdelemek yerine matematikle kavramanın daha temel bir yaklaşım haline geldiği bir dönemdi. Tıp okumak üzere gönderildiği üniversitede tıp yerine matematiği yeğlemesi, Galileo'nun bütün yaşamını belirleyecek bir sürecin başlangıcı oldu. Matematik daha sonra giderek Galileo için bütün yaşamın gizlerini açacak bir anahtar haline geldi. Bu tutumu bilim çalışmalarında da belirleyici oldu ve fizik biliminin hem matematikselleşmesinde hem de modern biçimine kavuşmasında büyük rol oynadı. Bu tutumun özü, deneyime gösterilen basit ilginin yerine, kurgulanmış deneylerden elde edilen niceliksel ölçümler ve olgusal ilişkilerin geometrik niteliklerinin koyulmasıdır. Burada soyutlamalar, ideal ve sayısal ilişkiler esas alınmakta ve Ortaçağ Aristotelesçiliğinin yerine klasik Platonculuk öne çıkarılmaktadır. Nitekim Galileo, bu tutumunun bir sonucu olarak bilimin inceleme alanını birincil nitelikler hakkındaki önermeleri araştırmakla sınırladı. Bilimin konusunu birincil nitelikler ve onların ilişkileriyle sınırlamakla da, ereksel açıklamaları bilimin izin verdiği açıklamalar alanından çıkardı ve böylece Aristoteles'in niteliksel farklılaşmış uzayı yerine niceliksel farklılaşmış geometrik uzayı koydu.

Giriş

Bilimin doğası ve yöntemi üzerine ilk önemli çalışmayı yapan Aristoteles'in (MÖ 384-322) ünlü mantık çalışması *Organon* (Araç) yayımlandıktan sonra, bilimin asıl amacının nedensel açıklama yapmak olduğu konusunda bir uzlaşma doğdu. Antik Çağ'dan Modern Çağ'a kadar geçen süreçte değişen tek şey, açıklamanın dayandırıldığı nedenin elde edilme yöntemiydi. Örneğin Aristoteles ve onun Orta Çağ'daki izleyicileri için bu yöntem tasımsal mantık iken, Galileo ve çağdaşları için matematik olmuştur. Bu değişim elbette sadece basit bir araç değişikliği değil, yüzyıllardır süregelen bilim anlayışının da değişmesi demektir. Bu anlayışa göre bilimin görevi, olgular arasındaki niceliksel bağıntıları bulmaktır ve bunu sağlayan en güvenilir araç da matematiktir.

Böylece uzun yıllar boyunca egemen olan niteliksel bilim anlayışı, niceliksel anlayışa dönüştü. Niceliksel bilim anlayışı doğal olarak bilimin konusunu oluşturan doğanın algılanışının da değişmesine neden oldu ve doğa artık matematikle yazılmış bir kitap olarak kabul edilmeğe başlandı. Eğer doğa kitabı okunup doğru şekilde anlaşılacaksa, dilini ve sembollerini bilmek gerekir. Bunları bilmeden doğanın gizlerini açığa çıkarmak olanaklı olmaz. Bilim doğadaki matematiği elde etme etkinliğidir ve dolayısıyla amaç olan biteni gözlemlemek ve oluşum içindeki denklemi veren matematiğe dayanmaktır. Başka bir deyişle esas olan doğadaki matematik bağlantıları kavramaktır.

Yaşam Öyküsü

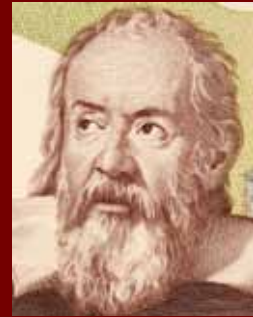
Dünyanın durağan değil, hareketli olduğunu savunduğu için Kilise tarafından Kutsal Kitap'ın öğretilerine saygısızlıkla suçlanarak Engizisyonunda yargılanmak durumunda kalan Galileo Galilei 5 Şubat 1564'te İtalya'nın Pisa kentinde doğdu. Her dönemde gözde bir disiplin olan tıbbın o dönemdeki etkinliğini göz önüne alarak babası Vincenzo Galilei tarafından tıp eğitimi görmesi için 1581'de Pisa Üniversitesi'ne kaydettirilen Galileo, geleneğe direneceğinin ilk belirtilerini gösterecek bir davranış sergileyerek, üniversitede tıp yerine matematik, astronomi ve fizik derslerine devam etmiştir. Kısa bir süre sonra bütün eğitimini matematik üzerine kuran Galileo, eğitimini tamamladıktan sonra yakın dostu Marki Guido Ubaldo del Mont'ın aracılığıyla aynı üniversitenin matematik kürsüsüne okutman olarak atandı (1585).

Matematiğe olan ilgisi giderek bir tutkuya dönüşen Galileo, matematiği bütün varlığı en yalın ve doğru bir şekilde kavramanın aracı olarak görmeye başladı. Bilimin konusunu oluşturan doğanın matematikle yazılmış bir kitap olduğunu

kabul ettiği gibi, doğanın bilimi olan fiziğin de matematiksel bir disiplin olduğunu savundu. Bu düşünceleri ışığında yaptığı çalışmalar sonucunda, geleneksel olarak Aristoteles felsefesinin bir kolu olarak görülen fizik, matematiksel ve deneysel bir bilim haline geldi. Kilise destekli Aristotelesçi felsefenin ilk yenilgisi olan bu matematiksel fizik düşüncesini, yeterince güçlü olmasa da ilk önemli çalışması olan *Hareket Üzerine (De Motu)*, 1590 adlı kitabında ortaya koydu. Bundan sonra Aristoteles felsefesini yadsayan görüşler geliştirmeye koyulan Galileo, bu görüşlerinden dolayı ağır eleştirilere uğradı ve sonunda Pisa kenti onun için yaşanmaz bir yer haline geldi. Bu sıkıntılı anında yakın dostu Marki bir kez daha devreye girerek, matematik profesörü olarak görev yapacağı Padua Üniversitesi'ne geçmesini sağladı.

Padua'da kısa bir süre ilgisini yeryüzünden gökyüzüne yöneltti Galileo, burada yoğun bir şekilde Ay, Satürn, Jüpiter, Venüs ve Güneş lekeleri üzerinde çalıştı ve ulaştığı sonuçları derlediği *Yıldız Habercisi (Sidereus Nuncius)*, 1610 adlı kitabını yayımladı. Galileo, bu kitabında yer alan gözlemleriyile gökyüzünün sabit, değişmez ve Dünya'nın da

bütün hareketin merkezi olduğunu varsayan kilise onaylı Aristotelesçi dünya görüşüne bir kez daha aykırı düşmüştü. Kilise tarafından uyarıldı. Uyarı pek etkili olmadı. Kiliseyi ve yerleşik düşünce merkezlerini daha fazla tedirgin edecek ilk hacimli çalışması olan *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyalog (Dialogo Sopra i due Massimi Sistemi del Mondo, Ptolemaico e Copernicano)*, 1632 adlı kitabını Papa VIII. Urban'ın karşı çıkmasına rağmen yayımladı. Bu kitabında Güneş Merkezli Evren Modeli'nin doğruluğunu göstermek için bir dizi sav geliştirmiş olması nedeniyle Papa VIII. Urban tarafından Engizisyon'a gönderildi. Galileo 1633'te bu kitapta ileri sürdüğü fikirlerini geri aldığı belirtilmesine karşın, ev hapsine mahkûm olmaktan ve bilimsel yayın yapmama cezası almaktan kurtulamadı. Yaptığı Güneş gözlemlerinin sonucu olarak kısa bir süre sonra görme duyusunu kaybeden Galileo, mahkûmiyeti boyunca da boş durmayarak *İki Yeni Bilim Üzerine Konuşma (Discorsi e Dimostrazioni Matematicae Intorno a due Nouve Scienze Attenenti alla Meccanica)*, 1638 adlı kitabını yazdı. İtalya'da ev hapsinde olması dolayısıyla kitabını dostlarının yardımıyla Leyden'de yayımladı.



Modern bilimin öncülerinden Galileo Galilei

Mücadeleyle geçen ömrü 8 Ocak 1642 tarihinde sona erdi. Bütün ömrü boyunca yerleşik düşüncenin ve ona dayalı Kilise öğretisinin tutarsızlığını göstermekten geri kalmayan Galileo'nun *Geometrik ve Askeri Pergel'in Kullanılışı Üzerine (Le Operazioni del Compasso Geometrico e Militare)*, 1606, *Suda Yüzen Nesnelere Üzerine Söylev (Discorso Interno alle Cose Che Stanno in su l'Acqua)*, 1612, *Güneş Lekelerinin Tarihi ve Kanıtları (Istoria e Dimostrazioni Intorno alle Macchie Solari)*, 1613 adlı kitapları da bulunmaktadır.

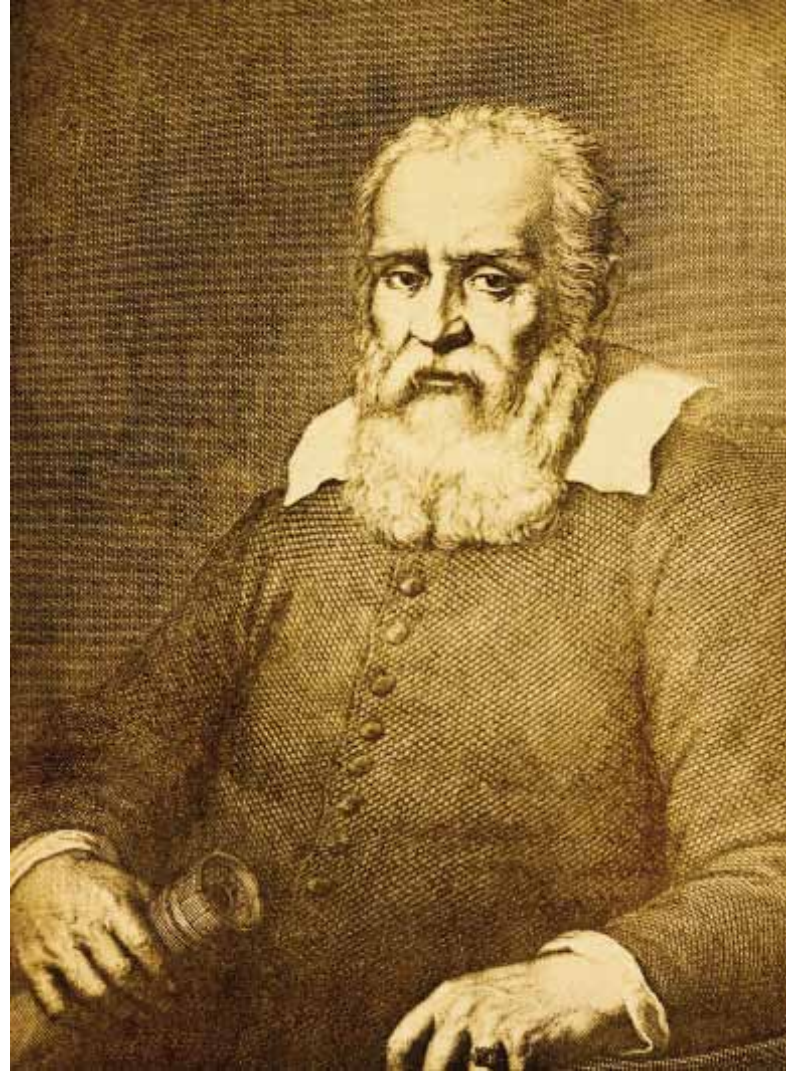
Galileo, bu yeni bilim anlayışını güçlü bir şekilde savunurken, aynı zamanda bilimsel bilgiyi elde etmekte matematiği kullanmak gerektiği düşüncesinin doğruluğunu göstermek için de mantık ve matematiği karşılaştırıyordu. Ona göre uzun yıllar bilgi elde etmenin güvenilir yolu olarak gösterilen mantığın kullandığı akıl yürütme şekli olan tasım, yeni bilgi elde etmeye yaramayan, ancak var olanı öğretmeyi sağlayan bir yöntemdir; mantık bir tartışmanın sonucunun kontrol edilmesini, bitirilmiş bir şeyin açıklanmasının nasıl olacağını öğretebilir, ancak yeni keşifler yapamaz.



Galileo'nun Ptolemaios'un ve Kopernik'in evren modellerini irdelediği *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyalog* adlı kitabının 1632 yılında yapılan baskısının iç kapağı. Galileo bu kitapta Kopernik'in görüşlerini doğrulayacak fiziksel kanıtlar geliştirdiği için İngilizisyon'da yargılanmıştır. Düşüncelerinden vazgeçmesi söylenmiş ve kendisinden şu metni okuması istenmiştir: "Ben Galileo Galilei, geçmişteki tüm yanlış ve aykırı düşüncelerimden ötürü, huzurunuzda kendimi lanetliyorum, bir daha öyle saçmalıklara düşmeyeceğime, kutsal öğretiyi aykırı hiçbir fikir taşımayacağıma yemin ediyorum."

Nedensellik Anlayışı

Bu bakış açısı Galileo'nun, kendisini geleneksel bilgi anlayışlarından farklılaştırması bakımından önemlidir. Çünkü kendisinden önce Francis Bacon (1561-1626) deneyi, René Descartes (1596-1650) ise geometriyi ön plana çıkarmıştı. Ancak her iki düşünür de sağlam ve güvenilir bilginin elde edilmesinde, bu iki aracın bir arada kullanılması gerektiğini kavrayamamıştı. Bacon matematiğin bilimde taşıdığı yavaşsalsal önemin farkında bile değildi. Descartes ise daha çok doğa karşısında kurgusal bir yapıyı esas alıyor ve ussal aksiyomlardan hareket ederek doğayı anlamaya çalışıyordu. Bu bir tür metafiziksel doğa tasarımıydı ve doğanın gözlemsel bilgisinin elde edilmesine uzaktı. Oysa Galileo'nun anladığı matematik, bilginin gelişmesine koşturucu olarak sürekli gelişebilen, giderek bilginin gelişmesine yol göstericilik yapacak denli içinde gelişme potansiyeli taşıyabilen bir araçtır. Bilimin inceleme nesnesi olan doğa da zaten böyle bir araçla ele alınabilecek niteliğe sahiptir. Ona göre doğa zorunlulukların egemen olduğu, insan aklından tamamen bağımsız, yalın bir sistemdir. Bütünüyle matematik diliyle yazılmıştır. Onu anlayabilmek için de dilini ve sembollerini bilmek gerekir. Bunları bilmeden onun gizlerini açığa çıkarabilmek olanaklı değildir. Biz dış dünyayı, evreni duyularımızla algılarız. Bilimin



amacı insan aklından bağımsız olarak var olan, bizim algılarımızı oluşturan ve matematiksel bir yapı taşıyan bu dış dünyanın bilgisini edinmektir. Bu yapı matematiksel nitelikli olduğu için de onun gizlerini çözebilmeyen yolu matematikten geçer. Çünkü bu evrende olup biten her şey matematiksel ilkelere uygunluk göstermektedir. Öyle ki matematik doğal olayların doğru nedenlerinin bulunmasında kullanılacak tek araçtır.

Şu halde Galileo için de bilimin temel hedefi olguların nedenlerinin bilgisini elde etmektir. Başka bir deyişle nedeni bulmaktır. Ancak buradaki önemli nokta teleolojik, yani ereksel nedensellik anlayışının yerine çok daha temel ve doğru bir yaklaşım içeren neden-sonuç bağıntısına dayanan bir nedensellik anlayışının getirilmiş olmasıdır. Yani evrende olup bitenler üzerindeki Tanrı etkisi ortadan kaldırılmış, neden de sonuç da bu evrende birbirleriyle sıkı bir bağlantı içinde ele alınmıştır. Yani neden varsa sonuç vardır, sonuç varsa neden de vardır. Nedende bir değişiklik olursa, sonuçta da bir değişiklik olur. Galileo bu konuda şunları söylüyor: Neden sadece ve sadece sonuç tarafından izlenendir. Neden olan ortadan kalkarsa, sonuç olan da ortadan kalkar.

Galileo'nun bu başarısı, onun ereksel nedensellik yerine modern nedensellik anlayışını getirmesini sağlamıştır. Bu ise daha sonraki dönemlerde ortaya koyulan bilimsel çalışmaları etkilemiş ve yönlendirmiş olması bakımından büyük öneme sahiptir ve onun nedensellik konusuna yaptığı ilk katkıdır.

t	t	t
s	s	s
t	t	t
g	g	g

Galileo'nun ivme açıklaması

Hareketsiz durduğu yerden düşmeye başlayan ve sürekli olarak hızı artan bir taş gördüğümüzde, neden bu hız artışlarının en basit ve en açık şekilde gerçekleştiğini düşünmeyelim? Nasıl hareket eden nesne hep aynı kalıyorsa, hareket ilkesi de değişmeden kalır. Burada değişmeyen şey, hareket hızının aynı kalmaması ve hareketin sabit olmamasıdır. Demek ki, değişmezliği ve basitliği hızda değil, hızın artışında yani ivmede aramalıyız. Eğer konuyu dikkatle incelersek, hep aynı şekilde yinelenen bir artıştan daha basit bir artış olmadığını görürüz. Bu artışın hangi şekilde gerçekleştiğini ise, dikkatimizi hareketle zaman arasındaki sıkı ilişki üzerinde yoğunlaştırarak kolayca anlayabiliriz. Çünkü hareketin düzgünlüğünü ve değişmezliğini nasıl eşit zaman aralıklarında eşit yolların alınmasıyla tanımlıyor ve kavriyorsak, bu zaman aralıklarında gerçekleşecek eşit hız artışlarını da aynı şekilde kavrayabiliriz. Eğer herhangi bir büyüklükteki eşit zaman aralıklarının tümünde hareket eşit hız artışları kazanıyorsa, bu hareketin düzgün ve sürekli olarak ivmelendiğini zihnimiz kavrayabilir.

O halde, durgunluk konumunu terk edip düşmeye başladığı andan itibaren, herhangi uzunlukta kaç eşit zaman aralığı geçmiş olursa, nesnenin ilk iki zaman aralığında kazandığı hız derecesi, ilk zaman aralığında kazandığı hız derecesinin iki katı olacaktır. Bu şekilde ilk üç ve ilk dört zaman aralığında eklenecek hız dereceleri de, ilk zaman aralığındaki hız derecesinin üç ve dört katına eşit olacaktır. Aynı şekilde eğer bir nesne ilk zaman aralığında kazandığı hız derecesi ile ya da moment ile hareketini sürdürseydi ve bu hızını korusaydı, hareketi, bu hız derecesini ilk iki zaman aralığında kazanmış olması durumundaki hareketinden iki kat daha yavaş olurdu. Bu nedenle biz hız artışının zamanın artışına orantılı olduğunu söyleyebiliriz.

Galileo'nun nedensellik konusuna getirmiş olduğu ikinci önemli katkı ise Aristoteles'in niteliksel nedensellik anlayışını, matematiksel ifadeye yer veren, matematiksel ifadeyi gerektiren bir niteliğe dönüştürmüş olmasıdır. Yani artık bilimsel incelemelerde yalnızca ölçülebilen öğelere dayanmak temel olmuştur. Böylece bilimsel açıklama matematiğin uygulandığı olgular arasındaki bağıntı olarak görülme-ye başlanmıştır.

Galileo'nun nedensellik konusundaki üçüncü önemli başarısı ise bilimin temel sorusu kabul edilen "niçin" yerine "nasıl" ve "neden" sorusunu getirmesidir. Ortaçağ felsefesi niçin sorusunun cevabını bulmaya çalışıyordu. Burada bir "amaca" yönelik olmak söz konusuydu. Oysa Galileo'ya göre, bilimin konusu nasıl sorusunun cevabını ortaya koymaktır.

Yöntem Tasarımı

Galileo bilimsel araştırmayı üç aşamalı bir süreç olarak görmüştür: 1. Analiz, 2. Sentez ve 3. Deney. Aristoteles'in yönteminin adlarına Ortaçağ izleyicileri analiz ve sentez adını vermişlerdi. Galileo bu iki aşamaya doğru bir şekilde deneyi eklemiştir.

1. Analiz

Galileo'ya göre öncelikle incelenen konuyu matematiksel yani ölçülebilen öğelerine ayırmak gerekir. Bu öğeler belirlendikten sonra, sıra her bir öğenin, o olgunun oluşumundaki rolünü belirlemeye gelir. Bu nedenle her öğe tek tek ele alınıp araştırılmaz.

Diyelim ki inceleme konumuz serbest düşme olsun. Bu durumda incelenen konunun matematiksel yani ölçülebilen öğelerini belirlemek gerekir. Serbest düşmenin ölçülebilir öğeleri ağırlık, zaman, mesafe, hız ve ivmedir. Şimdi sıra bu öğelerin her birinin serbest düşmedeki rolünü belirlemeye gelmiştir. Galileo da önce ağırlığı ele almış, geçmiş bilgilere ve kendi yaptığı deneysel araştırmalardan edindiklerine dayanarak serbest düşmede ağırlığın rolünün olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

O halde geriye zaman (t), yol (s), hız (v) ve ivme (g) kalmıştır.

Bir cisim belirli bir hız ile belirli bir zaman diliminde, belirli bir mesafeyi kat eder. Aynı durum serbest düşen cisimler için de geçerlidir. Ancak serbest düşmede cismin her an değişen bir hızı vardır. Buna ansal hız denilmektedir. Bu hız değişkendir, azalabilir ya da çoğalabilir. Ancak hareket eden cismin aldığı toplam yol ile harcanan toplam zaman karşılaştırıldığında, yalnızca ortalama hız hesaplanabilir, buna karşılık ansal hızın ölçülmesi olanaklı olmaz. Çünkü bunun için cismin anlık bir hızla belirli bir süre hareket ettiğini ve belirli bir yol aldığını kabul etmek gerekir. An son derece küçük bir zaman parçasıdır ve alınan yol da son derece kısadır.

Diğer taraftan serbest düşen cisimlerin artan bir hızı olduğu Orta Çağ fizikçileri tarafından fark edilmişti. Ancak artış miktarının nasıl gerçekleştiği bulunamamıştı. Galileo, hızdaki artış miktarını hesaplamak için bir yol bulmaya çalışmıştır. Bunun için serbest düşmeyi daha önce Orta Çağ'da yoğunlukla çalışılmış bir konu olan düzgün doğrusal harekete benzeterek, yani analogi yaparak açıklamaya çalışmıştır. Bilindiği gibi, serbest düşme hareketi düzgün ivmeli bir harekettir. Bundan dolayı Galileo da öncelikle bu hareketteki yalınlık ve basitliği dikkat çekerek, onu düzgün doğrusal harekete benzeterek anlamaya ve açıklamaya çalışmıştır.

Düzgün doğrusal harekette bir cisim eşit sürelerde eşit yol alır. Bu hareketi oluşturan öğeler s, v ve t'dir ve buradaki hız artışı sabittir. Serbest düşme hareketi de doğal ivmeli bir hareket olarak düşünülebileceğinden, o zaman o da düzgün doğrusal hareket olarak kabul edilebilir. Geriye yalnızca ivme miktarının ne kadar olduğunun bulunması kalmıştır. Galileo bu konuyu da yine düzgün doğrusal harekete benzeterek aydınlatmaya çalışmıştır. Bu harekette t süresi her dilimde aynıdır. İvmeli hareket de buna benzetilirse, t'de alınan yol s ise, 3t'de alınan yol 3s olur. Aynı şekilde, t'de kazanılan ivme g ise 3t'de kazanılan ivmenin 3g olacağı açıktır. Artık bilimsel araştırmanın ikinci aşamasına geçme zamanı gelmiştir.

2. Sentez

Bilimsel araştırmanın ikinci adımını sentez oluşturur. Bu aşama aslında analiz ile elde edilen verilerden yararlanarak, olgunun yeniden kurgulandığı aşamadır. Başka bir deyişle açıklayıcı varsayımların oluşturulduğu aşamadır. Galileo konuya yönelik olarak iki varsayım oluşturur:

1. Hız mesafe ile mi orantılıdır?
2. Hız süre ile mi orantılıdır?

Galileo, hızın mesafe ile orantılı olamayacağını belirterek birinci varsayımın yanlış olduğunu ileri sürer. Çünkü bu varsayımın göre, bir cisim t süresinde s mesafesi kadar düştüğünde v hızını kazanırsa, $2s$ mesafesi kadar düştüğünde de $2v$ hızını kazanacaktır. Oysa bir cisim s yolunu v hızı ile t süresinde alırsa $2v$ hızı ile $2s$ mesafesini aynı t süresinde alır. Bunun anlamı mesafelerden ilkinde veya ikincisinde zaman geçmeden hareket ediyor demektir. Bu ise bir çelişkidir.

Böylece Galileo ikinci varsayımına geçer. Burada v 'nin t ile orantılı olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımın göre cismin alacağı yol, $s=v.t$ 'dir. Serbest düşme ivmeli hareket olduğundan $v=t$ olmaz. Çünkü işin içine g 'yi yani ivmeyi de katmak gerekir. Bu durumda $v=g.t$ olur. Serbest düşmede hız v^0 'dan büyüyerek v 'ye kadar geldiğinden v^0 ile v 'nin ortalamasını almak gerekir. Bu da $v/2$ olur. Bu durumda $s=v/2.t$ olacaktır. Değerler yerine koyulduğunda işlem aşağıdaki gibi gerçekleşecektir:

$$s=1/2 v.t$$

$$v=g.t \text{ olduğuna göre,}$$

$$s=1/2(g.t).t \text{ olacaktır. Dolayısıyla da,}$$

$$s=1/2g.t^2 \text{ olur. Böylece düşme yasası bulunmuş olur.}$$

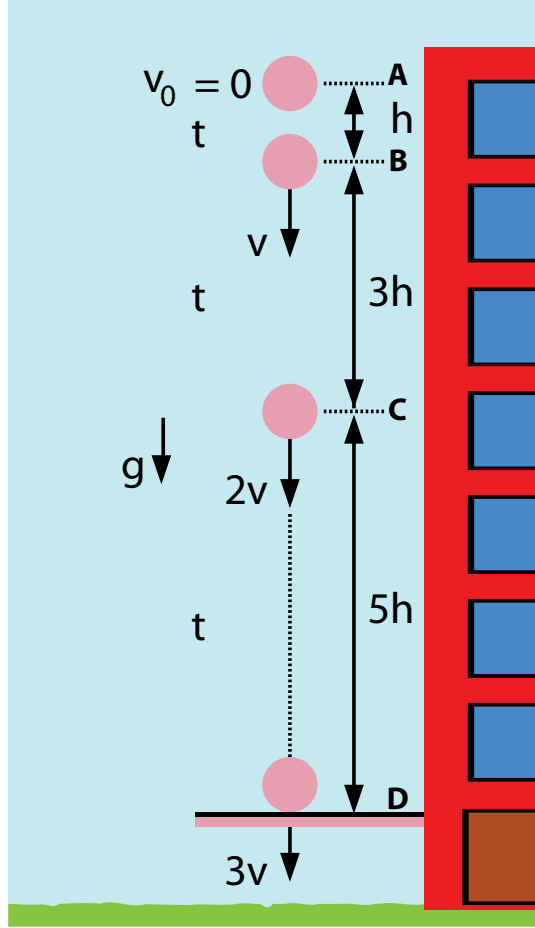
Bu aşamadan sonra sıra bu sonucun doğru olup olmadığını kanıtlanmasına gelmiştir. Bunun aracı deneydir.

3. Deney

Galileo, bilimsel araştırmada matematiksel çalışmayla deneysel çalışmayı titizlikle birbirinden ayırır. Ona göre, herkes rastgele bir hareket biçimi tasarlayıp sonra da onun özelliklerini tartışabilir. Oysa önemli olan gerçek doğada olduğu gibi gerçekleşen durumları göz önüne almaktır. Konuyla ilgili şunları belirtmektedir:

"Her şeyden önce, doğada var olan ivmeli hareketleri araştırmalı ve bu hareketlere uygun bir açıklama bulmalıyız. Çünkü keyfi bir hareket biçimi icat edilebilir ve bu hareketin nitelikleri tartışılabilir. Bu nedenle, örneğin doğada karşılaşılmamasına karşın doğrular, spiraller ya da konşoidler (*conchoids*) biçiminde betimlenen hareketler tasarlanabilir ve bu hareketlerin nitelikleri incelenebilir. Fakat biz doğada meydana gelen ivmeli bir düşme hareketini göz önünde bulundurmaya ve gözlenen ivmeli hareketin esas özelliklerini gösteren bir ivmeli hareket tanımlamaya karar verdik."

Burada asıl sorun kütlelerin düşmeye yavaş başlamaları ve hızlarını giderek artırmalarıdır. Yani düşüşün ivmeli olmasıdır. Bu durum ağır bir top, yumuşak zemine,



Serbest düşme açıklaması

Serbest düşen bir cismin, harekete başladığı noktaya olan uzaklığı büyüdükçe sürekli olarak artan bir hızla hareket ettiğini varsayıyorum. Cismin A noktasından başlayarak AB doğrusu boyunca düştüğünü kabul edelim. DA uzaklığı CA uzaklığından ne kadar büyükse, D noktasındaki hız derecesi de (anlık hız) C noktasındaki hız derecesinden o kadar büyük olacaktır. Yani C noktasındaki hız derecesinin D'deki hız derecesine oranı, CA'nın DA'ya oranına eşittir. Böylece cisim AB doğrusunun her noktasında, bu noktanın A noktasına uzaklığıyla orantılı bir hız derecesine sahip olacaktır.

gittikçe daha yüksekten düşürülerek kolayca denenebilir. Top ne kadar yüksekten düşerse, zeminde ona orantılı bir çukur açar. Ancak serbest düşmede bir kütleli hareketini kesin olarak gözlemlemek ve ölçmek çok zordur. Galileo bu zorluğu, hareketi bir eğik düzleme taşıyarak ve böylece onu yerçekiminden daha küçük bir ivme altında inceleyerek aştı ve dolayısıyla zamanı da daha rahat ölçebilmek için bir yol bulmuş oldu.

Buna göre, sabit ivmeli hareket için uzaklık ile zaman arasında kurulan kuramsal ilişkiyi, oluşturduğu eğik düzlemde, top kalas uzunluğunun dörtte birinden, sonra yarısından, sonra üçte ikisinden vs. yuvarlandığında, her iniş için geçen zamanı ölçerek sınıadı. Yani değişik mesafelerde zamanı ölçerek, başka bir deyişle topun hangi mesafeyi ne kadar zamanda kat ettiğini hesap ederek, $s=1/2gt^2$ formülünü elde etti, böylece serbest düşme yasası deneysel olarak kanıtlanmış oldu.

Kaynaklar

- Bernal, J. D., *Modern Çağ Öncesi Fizik*, Çev. Deniz Yurtören, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1994.
 Bixby, W., *Galileo ve Newton'un Evreni*, Çev. Nermin Arık, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1997.
 Galilei, G., *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, University of California Press, 1953.
 Galilei, G., *Dialogues Concerning Two New Sciences*, (Discourses) Dover Publications, 1914.
 Gower, B., *Scientific Method*, Routledge, 1997.
 Grill, T. R., "Galileo ve Platonistic Methodology", *Journal of*

- the History of Ideas*, Sayı: 31, 1970.
 Harré, Rom, *Büyük Bilimsel Deneyler*, Çev. Sinan Kılıç, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1994.
 Koyré, A., *Yeniçağ Biliminin Doğuşu*, Ara Yayıncılık, 1989.
 Losee, J. A. *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*, Oxford University Press, 1972.
 Topdemir, H. G. & Yılmaz, S., *Galileo: Dünyayı Döndüren Adam*, Sayı, 2009.
 Westfall, Richard S., *Modern Bilimin Oluşumu*, Çev. İ. Hakkı Duru, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1994.