BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

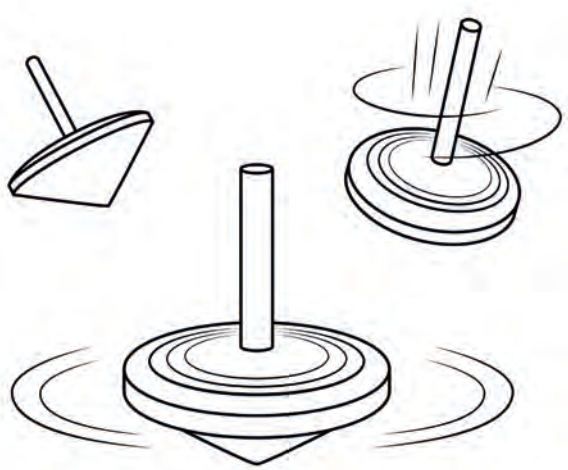
Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir
[*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı*

Orta Çağlarda Hareket IV

Hareketin Dinamik Açıklaması

Geç Orta Çağlarda hareket problemiyle yakından ilgilenen bilginlerden biri olan Jean Buridan (1300-1358), konuyu geleneksel kabuller ışığında ele aldı ve kendiliğinden hareket etmeyen her nesnenin dışarıdan kazandırılan bir itim gücünün etkisiyle hareket ettiği düşüncesini benimsedi. Dikkatini fırlatılan nesnelerin hareketi üzerinde yoğunlaştırdı ve Aristoteles'in (384-322) *Fizik* kitabının sekizinci bölümü üzerine uzun bir yorum yazdı. Bu yorumda "Fırlatılan bir nesnenin fırlatıcıdan ayrıldıktan sonra hareketinin devamlılığını neyin sağladığı sorulduğunda, Aristoteles'in etkisiyle genellikle hava cevabının verildiği görülmektedir. Aslında Aristoteles'in bu konuda kafası karışıktır ve ardıllarının çözüm önerileri de yetersizdir." şeklinde

bir açıklamada bulundu. Yer değiştirmeden olduğu yerde dönen bir topacı örnek olarak veren Buridan'a göre topacın hareketini devam ettirmesinde havanın etkisi olduğu söylenemez. Hatta bir hava akışı söz konusu olmayacak şekilde etrafı sarmalansa bile topaç dönmeye devam edecektir. Dolayısıyla ''Fırlatılan nesnelerin hareketlerinin devamlılığını hava sağlar.'' iddiası yanlıştır. Mesela "Elinizde hiçbir şey yokken sanki bir taşı fırlatıyormuş gibi elinizi ileri doğru ittiğinizde çevresindeki havayı da hareket ettirebilirsiniz. Eğer taşı hareket ettiren hava ise eliniz boşken de havayı hızla hareket ettirdiğiniz için havanın karşınızdaki kişiyi hissedilir bir güçle itmesi gerekir. Oysa böyle belirgin bir etki söz konusu değildir." diyerek havanın mekanik etkisinin olduğu düşüncesine (*antiperistasis* olarak isimlendirilir) karşı çıkar. Herhangi bir nesneyi yer değiştirmeye zorlayan dış etkene, İbn Sînâ'nın anlayışına benzer biçimde "zorlayıcı itim gücü" adını veren Buridan, kendi dönemine kadar birikmiş olan bilgileri tekrar etmekle yetinir.



Easy_Company / iStock

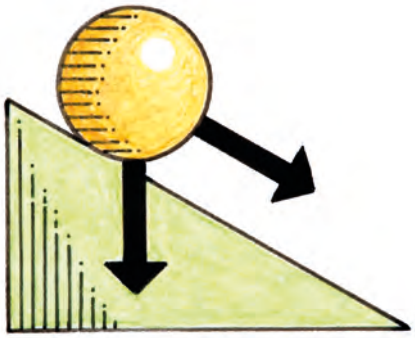
Hareketin Kinematik Açıklaması

Buridan, hareketin nasıl gerçekleştiğini açıkladığı dönemde matematikçi Thomas Bradwardine (1300-1349) ve arkadaşları hareketin kinematik açıdan açıklanması konusunda önemli katkılarda bulundu. Aristoteles'in "Hız, kuvvet ile ortamın direncine bağlıdır." düşüncesinden hareket eden Bradwardine, bunu matematiksel olarak ifade etmeyi denedi ve hızın, kuvvetin direnç oranıyla ilişki içinde olması gerektiğini ileri sürdü. Buna göre kuvvetin direnç oranı geometrik olarak arttığında, hız aritmetik olarak artacaktır. Bradwardine'ın görüşü, deneysel olarak sınanmasa da 14. yüzyıldan itibaren yaklaşık yüz yıl boyunca Paris Üniversitesinde çalışan doğa felsefecileri tarafından savunuldu. Bazı bilim tarihçileri bu yaklaşımın günümüzdeki diferansiyel denklem yaklaşımının öncüsü olduğunu düşünür.

Oxford Üniversitesine bağlı Merton Okulunda çalışan Bradwardine ve arkadaşlarının hareket konusuna yönelmeleri aslında doğa felsefesine duydukları ilginin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştı. Kinematik çalışmalara ivme kazandıran felsefi problem, niteliklerin yoğunluğunun nasıl arttığını veya azaldığını matematiksel yaklaşımla ifade etme düşüncesiydi. Örneğin bir nesnenin neden daha sıcak veya neden beyaz olduğunu bir matematik problemi olarak tanımlayıp çözümünü göstermeye çalışıyor

ve bu konuyu “niteliklerin yoğunlaşması ve seyrelmesi problemi” olarak adlandırıyorlardı.

Nitelik değişimlerine yönelik bu yaklaşımın bir matematik problemi olarak kabul edilmesiyle birlikte, değişim sayısal ilişkilerle ifade edilmeye başlandı. Mertonlu bilginler bir nitelik olarak kabul edilen hareketi de aynı yaklaşımla ele aldı. Ancak nitelik ve hız değişimlerine ilişkin düşünceleri deney ve gözleme dayanmayan varsayımlardan oluşsa da önemli bilimsel sonuçların ortaya çıkmasına katkıda bulundu.

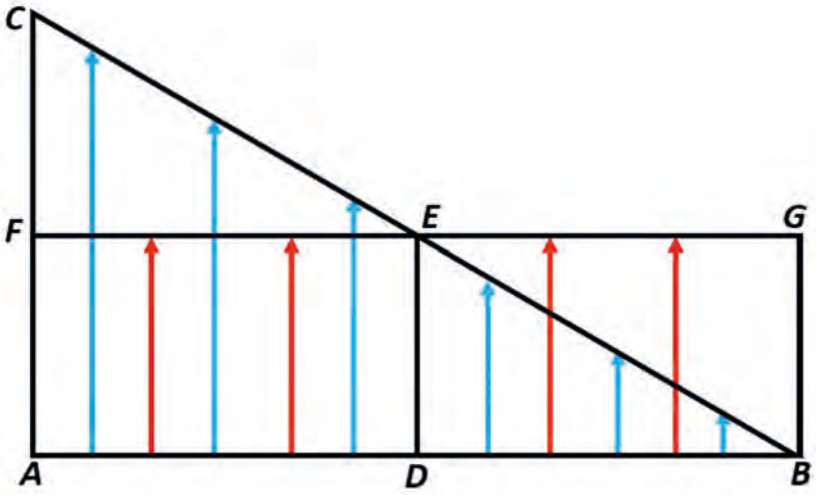


Dorling Kindersley / Gettylmages

Nicole Oresme ve Hareketin Geometrik Açıklaması

Merton Okulunda kinematik üzerine başlatılan çalışmalar olgunlaştıktan kısa süre sonra bu yaklaşım Avrupa geneline yayılmaya başladı. Bu geçiş sürecinde hareketin grafik ve geometrik çizim yoluyla açıklanmasına yönelik çalışmalar öne çıktı. Yaklaşımın temel fikri basitti. Geometrik şekillerin alanları, bir niteliğin miktarını temsil etmek için kullanılabilir. Bu yaklaşımda bir nesnenin ilerleyişi yatay bir çizgiyle, hareketi sırasındaki hız artışları veya azalışları ise dikey çizgilerle temsil edilir. Grafikteki yatay çizgiler zamanı, dikey çizgiler ise hızı temsil eder. Bir tür koordinat uygulaması olan ve Orta Çağlardaki hareket çalışmalarını yeni bir boyuta taşıyan bu grafik gösterimini Paris Üniversitesinden Nicole Oresme (1325-1382) geliştirdi. Peki Oresme’i böyle bir arayışa iten sorun neydi?

Orta Çağlardaki hareket araştırmalarında ele alınan temel problemlerden biri anlık hızdı. Hareket eden bir nesnenin örneğin belirli bir yükseklikten bırakılan bir taş parçasının yere düşene kadar hızının her an değiştiği biliniyordu. Buna anlık hız deniyordu ancak henüz diferansiyel denklemler geliştirilmediği için nasıl hesaplanacağı bilinmiyordu. Dolayısıyla Mertonlu bilginler alınan toplam yolu (s) geçen toplam zamana (t) bölerek (v=s/t) ortalama hızı (v) hesaplayabiliyordu. Buradan yolun, hız ile zamanın çarpımına (s=v.t) eşit olacağı bağlantısını kurdular. Fakat şöyle bir sorun vardı: Anlık hızı hesaplayamadıkları için düşen bir taşın hareketinde olduğu gibi her an hız değişiminin olduğu bir hareketi (ivmeli hareket), düzgün doğrusal hareket cinsinden ifade etmeleri gerekiyordu. Buna göre ivmeli hareketin ortalama hızına eşit sabit bir hızla, belirli bir sürede alınan toplam yol, aynı sürede ivmeli hareket ile alınan yola eşit kabul ediliyordu. Ancak bu iddianın doğru olup olmadığının kanıtlanması gerekiyordu. Başka bir deyişle bu iki hareketin birbiri türünden ifade edilmesinin mümkün olup olmadığının gösterilmesine ihtiyaç vardı. Oresme’in amacı ivmeli hareket ile alınan yolun, aynı sürede düzgün doğrusal harekette alınan yola eşit olacağını geometrik olarak kanıtlamaktı.



Oresme, *Hareketlerin ve Niteliklerin Geometrik İncelenmesi* başlıklı kitabında verdiği şekil üzerinden şunu kanıtladı: Şekildeki ABGF dikdörtgeni düzgün doğrusal harekette alınan yolu, BAC dik üçgeni ise sabit ivmeli harekette alınan yolu temsil etsin. Düzgün doğrusal harekette hız her zaman diliminde aynıdır. Sabit ivmeli harekette ise hız her zaman diliminde aynı oranda artar.

Oresme'in düşüncesine göre yatay çizgiler zamanı, dikey çizgiler hızın büyüklüğünü ve alanlar da mesafeyi temsil eder. Peki bu kabuller nasıl doğrulanabilir? D, AB'nin, E de FG'nin orta noktasıdır. Ortalama hız teoremine göre sabit ivmeli hareket yapan nesnenin son hızının ikiye bölünmesiyle elde edilen ortalama hız (DE), düzgün doğrusal hareketin hızına eşittir. Bu, ABGF dikdörtgeninin alanının, BAC dik üçgeninin alanına eşit olduğunun gösterilmesiyle kanıtlanabilir. ABEF bölgesi hem sabit ivmeli hareket hem de düzgün doğrusal hareket için ortak bir alandır. Dolayısıyla CFE ve BEG dik üçgenlerinin alanlarının eşit olduğu gösterilirse ABGF dikdörtgeninin alanının, BAC üçgeninin alanına eşit olduğu kanıtlanmış olur.

Bu iki dik üçgenin alanının eşit olduğu ise açı-kenar-açı ilişkisiyle kolayca gösterilebilir: FEC açısı ve BEG açısı iç ters açı olduklarından eşittir. F ve G açıları ise dik açıdır. FE ve EG doğrularının uzunlukları da eşittir. Oresme bu sayede sabit ivmeli harekette alınan toplam yolun düzgün doğrusal hareketle alınan toplam yola eşit olduğunu kanıtlamıştır.

Bu çalışmaların ardından hareket konusu Galileo Galilei (1564-1642) ve Isaac Newton (1642-1727) tarafından modern hâline kavuşturulmuş, deney ve matematiğin olanaklarıyla sistematik biçimde çözümlenmiştir.

Gelecek sayımızda Bîrûnî'nin bilimsel çalışmalarını ele alacağız. ■

Kaynaklar

Clagett, M., *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison: The University of Wisconsin Press,1961.

Dijksterhuis, E. J., The Mechanization of the World Picture, Trans. C. Dikshoorn, London: Oxford University Press, 1961.

Oresme, N., *Tractatus de configurationibus qualitatum et motuum*, Ed. & Trans. Marshall Clagett, *Nicole Oresme and the Medieval Geometry of Qualities and Motions*, Madison: The University of Wisconsin Press, 1968.