

# Batı'da Bilim Geleneğinin Doğuşu ve Paris Çevresi

13. yüzyılın başlarında Latinceye çevrilen Arapça ve Grekçe bilim ve düşün yapıtlarının kazandırdığı ivmeyle, Avrupa'da bilim geleneği yeniden doğdu ve giderek tırmanışa geçti. Bilimin yükselişini sağlayanlar üniversitelerdi ve Oxford'dan sonra Paris Üniversitesi bilimsel çalışmaların merkezi haline geldi. Dönemin bilimsel çalışmalarını çok büyük ölçüde Aristoteles'in görüşlerinin yorumlanması oluşturmuyordu. Oxford'un seçkin bilginlerinden Robert Grosseteste'nin (1168-1253) başlattığı bilimsel çalışma hareketine Paris Üniversitesi'ndeki izleyicileri de katıldı. Böylece bir yandan Aristoteles'in bilim ve düşün yapıtları yeniden anlaşılır ve yorumlanırken, bir yandan da İslam dünyasında kazanılmış bilgiler yardımıyla geleneksel bilim konularına yeni yaklaşımlar getirilmeye çalışılıyordu.

## Avrupa Biliminin Öncüleri

13. yüzyılda Oxford'da başlatılan yeni doğa, yeni evren ve yeni insan anlayışına yönelik çalışmalara önemli bir katkı da Paris Üniversitesi bilginlerinden geldi. Parisli bilim insanlarının da öncelikli gündemini, doğaya ilişkin yeni ve doğru bilgilerin üretilmesi oluşturmuyordu. Özellikle Oxford Üniversitesi'nin Merton Koleji'nde yapılan doğa felsefesi çalışmaları doğayı anlamının iyi bir yolu olarak algılanıyordu. Böyle bir kabulden hareket eden 13. yüzyılın önemli bilim insanlarından Jordanus Nemorarius (1225-1260), doğa felsefesinin önemli bir kısmını oluşturan ve günümüzde statik denilen alana yönelen ve katkı yapan ilk Parisli bilgin oldu. Orta Çağ'da ağırlık bilimi olarak adlandırılan çalışmaların önemli problem alanlarından birini oluşturan statik konusyla İslam dünyasında İbn Bâcce (1077-1138) ilgilenmişti. Bir cismin ağırlığı nedeniyle eğik bir düzlem üzerine yaptığı basıncın nasıl hesaplanacağıyla ilgilenen İbn Bâcce, yaptığı araştırmalar sonucunda bir cismin eğik düzlem üzerine yaptığı basıncın, cismin eğik düzlemle yaptığı açıyla orantılı olduğunu, yani bu açıya göre değişeceğini belirlemiştir. Bu anlatım 13. yüzyılda Jordanus Nemorarius tarafından *Gravitas Secundum Situm* (durumsal ağırlık) şeklinde Latinceye

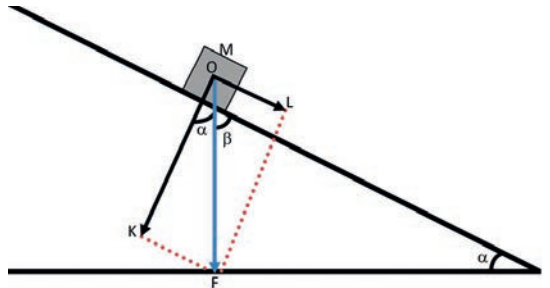


Paris Üniversitesi

Oxford'da olduğu gibi, Paris Üniversitesi'ndeki çalışmalar da büyük ölçüde o günkü anlamıyla doğa felsefesi, yani fizik ağırlıklıydı. Değişim ve devrimin en çok ele alınan konulardı.

çevrilmiştir. Modern fiziğin de inceleme alanına giren ve görünen ağırlık adı verilen bu ifade İbn Bâcce'nin bilimsel etkisini göstermesi bakımından önemlidir.

Nemorarius'un ilgilendiği bir diğer doğa felsefesi konu-



### Durumsal yani görünen ağırlık

Durumsal ağırlık, yüksek eğimli bir düzlemden daha düşük eğimli bir düzleme geçen bir cismin, konumundan dolayı ağırlığının da artacağını ifade eden bir terimdir. Örnek olarak, eğik bir düzleme yerleştirilmiş bir blok düşünülebilir. Düzlemin eğim açısı küçüldükçe cismin görünür ağırlığı, yani yüzeye uyguladığı kuvvet artacaktır. Bu tanımlama, ağırlığın biri düzleme dik (görünür ağırlık yani konumsal ağırlık) diğeryse yüzeye paralel iki bileşene ayrılmasına denktir.

su da kaldıraçlardı. Bu konudaki çalışmalarıyla fiziğin temel kavramlarından biri olan iş kavramının ilk tanımını yapmayı başarmıştı. Durumsal ağırlık konusunu İbn Bâcce'den hareketle araştıran Nemorarius, kaldıraç konusunu da Arkhimedes'in (MÖ 287-212) yaklaşımı doğrultusunda incelemişti. Her biri kaldıraçın birer kolu üzerinde dengede duran iki ağırlıktan birinin kaldırılmasıyla yapılan pozitif iş, ötekinin aşağıya inmesiyle yapılan negatif işe eşit olur ve bu da sistemin denge halinde olduğunu gösterir. Nemorarius, aynı kavramları farklı eğim açıları olan düzlemlere asılan farklı ağırlıktaki iki cismin denge halini incelerken de kullanmış ve bu durumu kaldıraç kuralının bir genellemesi olarak düşünmüştü.

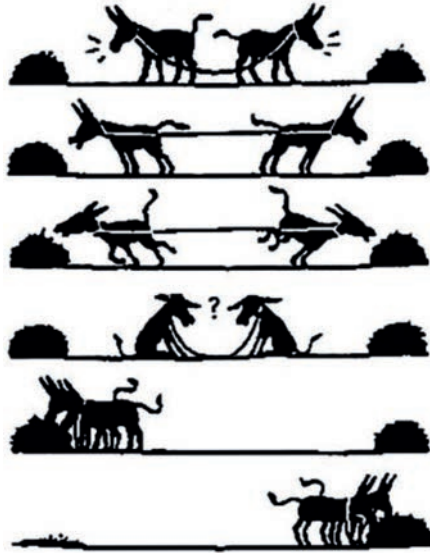
Nemorarius'un durumsal ağırlık ve kaldıraç konularını yeniden gündeme getirmiş olması, Avrupa'da artık otorite kabul edilen Aristoteles'in (MÖ 384-322) kitaplarına yönelme tutumunun önemli ölçüde değiştiğini ve dikkatlerin otoritelerin kitaplarından doğaya yöneldiğini göstermesi açısından değerlidir. Diğer taraftan Oxford'da başlatılan yeni bilimsel çalışma anlayışının Avrupa'daki diğer üniversitelere nasıl hızla yayıldığını göstermesi bakımından da dikkat çekicidir. Böylece başlatılan yeni doğa tasavvuru, Isaac Newton (1642-1727) ile son bulacak yeni fiziğin gelişiminin gözlemlendiği bir süreçte işaret etmesi bakımından önemlidir.

Doğa felsefesinde incelenen diğer bir konu da harekettir. O dönemin kavram dünyasında hareket bir değişim türü olarak anlaşılıyordu ve 14. yüzyılın başlarında Oxford Merton Kolejinde çalışan doğa felsefecisi William Heytesbury (1313-1372), John Dumbleton (1310-1349), Richard Swineshead (?-?) ve Thomas Bradwardine (1290-1349) değişim ve hareket konusyla soyut olarak ilgileniyordu. Bu bilim insanlarının çalışmaları hareket biliminin pek çok temel kavramının geliştirilmesine ön ayak oldu. Bunlardan biri de ivme kavramının tam bir ifadesi ve sabit ivmeli hareketin anlaşılmasının anahtarı olan ortalama hız teoreminin geliştirilmesidir. Bu çalışmaların devamı niteliğindeki incelemeleri, Paris Üniversitesi'nde Jean Buridan (1295-1358) sürdürmüştür.

1328 ve 1340 yıllarında iki kez üniversite rektörlüğü de yapan Buridan, aynı zamanda önemli bir Aristoteles yorumcusudur. Fizik bilimine yaptığı en önemli katkı ise İbn Sînâ'nın (987-1039) zorunlu hareket (el-meyl el-kasrî) betimlemesini yeniden ifade etmesidir. Aslında "kasrî meyil" deyimini daha önce Latinceye *incalinatio violenta* (hız eğilimi) olarak çevrilmişti. Bu ifadeyi Buridan etkileyici itim gücü (*impe-*

*tus impressus*) şekline çevirerek, modern fiziğin momentumuyla aynı olan kütle ve hız ürünü olarak tanımlamıştır. Düşüncelerinin ayrıntısı bütünüyle İbn Sînâ'ya ait olan Buridan, fırlatılan bir cismin hareketinin sürekliliğini, ilk hareketi sağlayan güce bağlar ve engelleyen karşı bir güçle karşılaşmadığı sürece hareketin sonsuza kadar süreceğini söyler. Buridan itici gücü tıpkı İbn Sînâ gibi, cismin "içerdiği madde miktarı" ile hızının fonksiyonu olarak ifade eder ki, bu da günümüzün momentum kavramına yani kütle ile hızın çarpımına eşdeğerdir. Bu fonksiyonda kütle, maddenin eylemsizlik özelliği, yani konumundaki herhangi bir değişikliğe karşı gösterdiği dirençtir. Buridan, fonksiyon serbest düşmeye uygulandığında, yerçekiminden kaynaklanan ağırlığın sadece hareketin başlıca sebebi olmakla kalmayıp düşüş sırasında cisme giderek artan bir ivme kazandırdığını, yani cismin hızını artırdığını açıklamaktadır.

Buridan'ın söyledikleri gök cisimleri için de açıklayıcıdır. Artık gök cisimlerinin Aristoteles'in sandığı gibi "soyut akıllar" tarafından hareket ettirilmesine gerek kalmamıştır. Çünkü onlar, Tanrı'dan ilk hareketi aldıktan sonra, herhangi bir dış kuvvetin etkisi olmadığı sürece hareketlerini devam ettirecektir. Tanrı Dünya'yı yaratırken her bir gök cismine hareket vermiş ve bunu yaparken hepsini artık kendisine ihtiyaç duymaksızın hareket halinde kalacak duruma getirmiştir. Bu durum aynı zamanda Tanrı'nın yedinci gün dinlenmeye ayırmasının da nedenidir.



#### Buridan'ın Eşeği

Her ikisi de eşit uzaklıktaki iki yiyecek arasında kalıp bunlardan herhangi birini seçemediği için açlıktan ölen iki eşeğin öyküsü. İrade özgürlüğü problemini ele alan Buridan'a atfedilen bu öykü, özgür irade anlayışını desteklemek için kullanılmıştır. Buradan yola çıkılarak, benzer bir durumla karşılaşan bir insanın karşı motiflerin dengesini özgür iradesinin yardımıyla aşabileceği öne sürülmüştür.

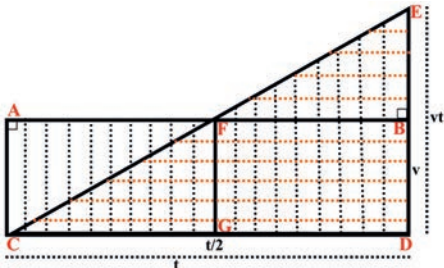
Orta Çağ düşünce geleneğinden kopuşun açık belirtileri olan bu cümleler, Buridan'ın çok farklı bir Aristoteles betimlediğini gösterir. Bu farklı Aristoteles yorumu evren tasarımına da yansımıştır. Buridan, durağan olanın Dünya mı, yoksa evren mi olduğu konusunu tartışırken de şunları belirtir:

"Eğer gerçek, Dünya'nın durağan, sabit yıldızların ise hareketli olduğu biçiminde olsaydı, muhakkak ki gökyüzündeki her şey gözümüze o zaman da şimdiki gibi görünürdü. Görünenleri en basit kuramlarla açıklamak her zaman daha iyidir. Böyle bakıldığında, tersini düşünmektense Dünya'dan muazzam olan uzayda bulunan yıldızların durmakta, Dünya'nın ise dönmekte olduğunu varsaymak daha mantıklıdır."

Buridan'ın bu düşüncesi, Kopernik'in Güneş Merkezli evren modelini oluştururken dayandığı savlardan birini oluşturması bakımından önemlidir.

Bir diğer bilgin ise Nicole Oresme'dir (1320-1382). Oresme, Merton Koleji'nde geliştirilen ortalama hız kuralını grafik olarak göstermiş ve ivmeli hareketle alınan yolun, düzgün doğrusal hareketle aynı sürede alınan yola eşit olacağını geometrik olarak kanıtlamıştır. Şekil göz önüne alındığında, konu şöyle açıklanabilir. Şekildeki ABCD dikdörtgeni Düzgün Doğrusal Harekette (DDH) alınan yolu, CDE dik üçgeni ise Sabit İvmeli Harekette (SİH) alınan yolu gösterir. DDH'de hız, her zaman dilimi için aynı kalır, SİH'de ise her zaman diliminde aynı oranda artar. Başka bir deyişle CD tabanı üzerindeki ordinatlar anlık hızları gösterir. Eğer bu ordinatların tümü AB doğrusu üzerinde bitiyorsa sabit hızlı, sıfırdan başlayarak son hız olan DE'ye ulaşan ordinatlar CE üzerinde son buluyorsa sabit artan hızlı hareket söz konusudur. Yatay çizgilerin zamanı, dikey çizgilerin hızın şiddetini, alanların da mesafeyi gösterdiği kabul edildiğinde, bu grafikte ABCD dikdörtgeninin alanı DDH'de alınan yola, CDE üçgeninin alanı da SİH'de alınan yola eşit olacaktır. Eğer B'nin ED'yi, F'nin de AB'yi böldüğü kabul edilirse, ortalama hız teoremine göre, DDH'de alınan yolun orta noktasındaki hız (başka bir deyişle nesnenin son hızının ikiye bölünmesiyle elde edilecek hız) yani ortalama hız SİH'deki hıza eşit olacaktır. Bu da ABCD dikdörtgeninin alanının, CDE dik üçgeninin alanına eşit olduğunun gösterilmesiyle kanıtlanabilir.

Buna göre, şekildeki CFBF yamuk alanı hem üçgen hem de dikdörtgen için ortak bir alandır. Öyleyse CAF ve FEB üçgenlerinin eşitliği gösterilirse, ABCD dikdörtgeninin alanının, CDE üçgeninin alanına eşit olduğu da gösterilmiş olur.



Oresme'in Ortalama Hız Teoremi'ni geometrik olarak kanıtlaması

Bu iki dik üçgenin eşitliği ise şöyle gösterilebilir: CFA ve BFE açıları eşittir (iç ters aç olduklarından).

AF=FB (F, AB'yi iki eşit parçaya böldüğünden).

CAF ve FBE açıları eşittir (dik aç olduklarından).

Öyleyse açı-kenar-açı bağıntısı gereği, buradaki iki üçgen (CAF ve FBE) birbirine eşittir. Dolayısıyla da SIH'de alınan toplam yol, DDH'de alınan toplam yola eşittir.

Birinci saniyede kat edilen mesafe 1, ikinci saniyedeki 3, üçüncü saniyedeki 5, dördüncü saniyedeki ise 7 olur. Elde edilen sonuçlar  $v=at$  ve  $s=(a/2).t^2$  denklemleriyle genelleştirilebilir. Bunlar, Galileo'nun serbest düşmeyi açıklamakta kullandığı kinematik denklemlerdir.

Paris Üniversitesi'nde bilime yapılan en seçkin katkılar bunlardı. Bunların dışında da çeşitli konularda çalışanlar vardı. Ancak katkıları yeni olmaktan çok birer yorumdu. Çalışmaları bu nitelikte olanlardan biri Romalı Giles'dir (1247-1316). Thomas Aquinas'ın Paris'ten öğrencisi olan Giles, 1277 yılında eserlerine sansür konulduğu için Paris'i terk etmeye mecbur bırakılmış ve 1285 yılında Papa IV. Honorius'un ricasıyla savlarının birkaçından vazgeçtikten sonra kentte geri dönebilmiştir. Giles su saati, kan alma şişesi ve sifon borusu kullanarak yaptığı deneylerle boşluğun doğasını araştırmıştır. Deneyleri sonucunda boşluğun cisimlere bir emiş gücü uyguladığını göstermiştir.

Avrupa'da bu dönemde yapılan astronomi çalışmaları da dikkat çekicidir. Birkaç farklı yaklaşımdan oluşan bu çalışmalar, Aristoteles fiziğini esas alarak ya Ptolemaios sistemini küre katmanları sistemine dönüştürmeye ya da onu tamamen reddedip ortak merkezli küreler sistemine geri dönülmesine yöneliktir. İçlerinde dönemin çok yönlü bilginlerinden Avignonlu Levi ben Gerson'un da (1288-1344) bulunduğu bazı astronomlar ise bu iki görüşü de benimsemeyip Ptolemaios astronomisinin matematiksel açıklama çizgisini izlemeyi yeğlemiştir. Bu astronomlar pratik astronomlardı ve gezegen hareketlerinin açıklamasını yapabilmek için matematik astronomiyi ilgilensinlerdir.

Astronomi, fizik, matematik ve felsefe üzerine çalışmaları olan Levi Ben Gerson'un astronomiye ilişkin çalışması *Milhamot Adona'nin* Beşinci Kitap'ıdır. Kitap üç kısımdır: 1. Almagest'e ilişkin Açıklamalar; 2. Göksel Cisimlerin Hareketleri; 3. Göksel Cisimlerin Ruhları. Bu çalışmasında, astronomi konusunda İslam dünyasının tanınmış astronomlarından el-Battâni (858-929), Câbir İbn Eflâh (11. yüzyıl) ve İbn Rüşd'e (1126-1198) dayanarak bir evren modeli geliştirmiştir. Bu modelde Ptolemaios'un (MS 150'ler) modeliyle bağdaşmayan yönler dikkat çeker. Bu farklılığın Gerson'un kendi gözlemlerinden kaynaklandığı sanılıyor. Farklılık en çok Mars konusunda belirgindir. Ptolemaios evren modeline göre, bir gezegenin görünür büyüklüğü açılal konumuna göre altı şekilde değişim gösterirken, Gerson'un gözlemleri değişimin ikiden fazla olamayacağını ortaya koymuştur. Levi ben Gerson ayrıca Jacob Çubuğu adı verilen ve gökbilimsel gözlemlerde ve denizcilikte açı ölçümünde kullanılan bir gözlem aracı da geliştirmiştir.



### Jacob Çubuğu

14. yüzyılda yükseklik ve mesafe hesaplamak amacıyla icat edilmişti. Bu dönemde Avrupalılar açık denizlere daha fazla açılmaya başladığından, kayıplara ve benzeri yerlere sapmamak, gitmek istedikleri yerin enlemini ve boylamını belirlemek için daha iyi navigasyon araçlarına gereksinim duyuyordu. Jacob Çubuğu bu amaçla uzun yıllar kullanılmıştır. Eğer Jacob Çubuğu kullanılarak bir kulenin yüksekliği (h) bilinmek istenirse  $\theta$  açısını ölçmek gerekir. O zaman kuleye olan mesafe şu şekilde hesaplanabilir:  $d \approx (h/2) \cdot \cot \theta/2$

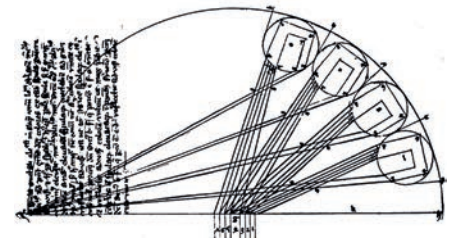
Levi ben Gerson'un dikkat çeken bir diğer çalışması da İbn el-Heysem'in (965-1037) geliştirdiği karanlık odayı Güneş ve Ay tutulmalarını gözlemek ve Güneş'in yörüngesinin eğimini saptamak için kullanmasıdır. Gerson'un astronomiyle ilgili çalışmaları Avrupa'da beş yüzyıl boyunca etkili olmuştur. Jacob Çubuğu on sekizinci yüzyılın ortalarına kadar deniz ulaşımında kullanıldı.

Doğa felsefesinin yoğun olarak çalışılan alanlarından biri de optikti. Özellikle renklerin oluşumu dikkat çekiyordu. Hele gökkuşağının oluşumu ve içerdiği renk düzeni merak edilen konuların başındaydı. Yoğun ilgi gösterilmesine karşın 13. yüzyılın sonuna gelindi-

ğinde, gökkuşağının oluşumu henüz tam olarak açıklanamamıştı. İslam dünyasında ilk kez Kemâlüddin el-Fârisî (öl. 1320) gökkuşağının oluşumunu doğru olarak açıklamayı başardı. Benzer bir başarıyı Batı'da da Freiburglu Theodorice (1250 -1311) gösterdi. Theodorice 1275-1277 yıllarında Paris Üniversitesi'nde öğrenim gördü. *Gökkuşağı Üzerine* (De Iride) adlı kitabının ikinci kısmında birincil gökkuşağının oluşumunu ele alırken şunları söyler: Bir tek yağmur damlasının üzerine düşen ışınlar, gözlemcinin gözüne gelmeden önce, iki kırılmaya ve bir yansımaya uğrar. Işınların göze bu şekilde gelmesinin de üç yolu vardır: Doğrudan, yansımaya ve kırılmaya. Birincil ve ikincil gökkuşağlarının oluşması ise beş temel olguya bağlıdır: 1) Tek bir yansıma, 2) Tek bir kırılma, 3) İki kırılma bir yansıma, 4) İki kırılma iki yansıma ve 5) Toplam yansıma. Ona göre bu beş temel olgu bulut, sis ve yağmur damlasında meydana gelir. Anlaşıldığına göre, Theodorice tek bir ışık ışını yağmur damlasına girdiğinde bir miktarının kırılmaya uğradığını ancak geriye kalan miktarının gözlemcinin gözünde bir izlenim bırakmaya yettiğini belirleyebilmiştir. Şöyle ki: Güneş ışığı su küresinin üst kısmına çarpar ve kırılarak kürenin içine girer, arka içbükey yüzeye çarpar ve geri yansır, daha sonra tekrar geldiği yüzeyden kırılarak geri çıkar ve göze gelir.

Theodorice'in bu açıklaması şüpheye yer bırakmayacak şekilde gökkuşağının tam açıklamasıdır. Bu belirlemesinin ardında Theodorice, gökkuşağındaki her rengin farklı damlalardan gözlemciye yansıtıldığını ve gözlemcinin konum değiştirdiğinde de farklı bir gökkuşağı görüldüğünü, başka bir deyişle her damlanın gökkuşağındaki her bir rengi oluşturduğunu tespit edebilmiştir.

Birincil gökkuşağının açıklanmasından sonra Theodorice ikincil gökkuşağının açıklanmasına girer. Bunun için de bir yağmur damlasının yerine geçecek, camdan yapılmış büyükçe bir cisimden yararlanır. İlk açıklamasında Theodorice'in birincil gökkuşağının iki kırılma ve bir yansımadan meydana geldiğini belirlediği anlaşılmaktadır. Ona göre ikincil gökkuşağı bunlara ek bir yansımaya oluşur.



Theodorice'in De Iride'sinde yer alan çizimlerden biri



## Merton Koleji ve Düşme Yasasının Keşfi

Oxford Üniversitesi, Merton Koleji'ndeki doğa filozofları niteliklerdeki değişimlerle ilgilenmiş ve niteliklerin yeğlinliğindeki artış ve azalışın, başka bir deyişle değişimin nasıl ortaya çıktığını ve neye bağlı olduğunu araştırmıştır. Örneğin "beyaz" bir niteliktir, ancak beyazın da tonları vardır. Bu da beyazlığın yeğlinliğinin, yani şiddetinin değişebildiğini gösterir. Bu bilgiler, yer değiştirme şeklinde de olsa, bir değişim söz konusu olduğu için hareket konusunu da irdelemiş ve o konuya da katkıda bulunmuştur. Aristoteles'ten temelde farklılaştıkları yön, bu değişmeyi nitel olarak değil, nicel yani matematiksel olarak ele almış olmalarıdır. Buna göre "hareket" bir niteliktir, dolayısıyla onun da yeğlinliğinde bir artış veya azalış olacaktır. Başka bir deyişle hareketin hızının da bir yeğlinliği, şiddeti vardır. Ancak bu hız değişimi nasıl gerçekleşir? Bu soru onları ivmeli hareket konusuna yönelmiş ve böylece Mertonlu doğa filozofları ivme kavramına açıklık kazandırmayı başarmıştır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda niteliklerin iki boyutu olduğunu belirlemişlerdir: Şiddeti ve toplam niceliği. Buna göre, hareketi de bir nitelik olarak düşünürsek, iki boyutundan söz edeceğiz. Hız hareketin şiddeti, toplam

olarak alınan yol ise niceliğidir. Hareket eden bir cismin her an bir hızı var. Buna anlık hız deniyor. İşte bu hız, hareketin şiddetini verir. Bu hız değişebilir, azalabilir, çoğalabilir. Ancak hareket eden bir cismin aldığı toplam yol ile harcanan toplam zamanı karşılaştırırsak, yalnızca ortalama hızı hesaplayabiliriz. Anlık hızın ölçülmesi ise olanaksızdır, çünkü cismin anlık bir hızla belirli bir süre hareket ettiğini ve belirli bir yol aldığını kabul etmeyi gerektirir. Bu anlayış belirlendikten kısa bir süre sonra  $V = \frac{s}{t}$  formülü ifade edilebiliyor. Bu anlamda anlık hız da bir hareketin belirli bir andaki şiddeti olur. Hız hareketin şiddeti oluyorsa o zaman formüle edilebilir. İvme ise hareketin şiddetindeki değişimdir. Bu değişme düzenli olarak ortaya çıkıyorsa, bu harekete düzgün ivmeli hareket denir. Ortaçağ fizikçileri hareketi matematiksel olarak betimlemek için gerekli temel kavramları belirlemiştir. Daha sonra bu bilgiler düzgün ivmeli harekette alınan yolu bulmak için iki teknik geliştirmiş: Tek sayılar yasası ve ortalama hız teoremi.

**Tek Sayılar Yasası:** Bu yasaya göre, düzgün ivmeli hareket eden bir cismin aldığı mesafeler tek sayılar şeklinde olacaktır. Yani 1, 3, 5, 7, 9, 11, ... gibi. Toplam yol hesaplandığında 1, 4, 9, 16, 25, 36 olduğu görülecektir. Bu, yol ve zaman arasında bir orantı var demektir. Buradan yol ve zaman arasındaki ilişkiyi çıkarmak kolaydır.

**Ortalama Hız Teoremi:** Bu teoreme göre, düzgün hızlanan bir cisim, birim zaman süresinde ortalama hızla alabileceği kadar yol alır. Cismin başlangıçta durağan olduğu varsayıldığında, alınan yol ile bu esnada harcanan zaman arasında bir ilişki olduğunu anlamak son derece kolaydır. Bu bilgiler de cismin kazandığı son hızın yarısını ortalama hız olarak benimsemiştir. Konu şekil dikkate alınarak basitleştirildiğinde, teorem geometrik olarak da dile getirilebilir. Buna göre  $v_2 = \frac{v_1}{2}$ , uzaklık =  $\Delta XYZ$ , yani hız  $x$ , zaman  $(vxt)$ , dolayısıyla ortalama hız ile alınan yol  $s = \frac{v_1}{2} \cdot t$  olur.

Merton Koleji'nde hareketin kinematik açıklamasına yönelik olarak geliştirilen bu formülün önemi, Modern dönemde Galileo Galilei'nin (1564-1642) gerçek niteliğiyle gündeme getireceği serbest düşme yasasının ilk halini oluşturmasıdır.

Anlar	Mesafe	Toplam Uzaklık
1	1	1
2	3	4
3	5	9
4	7	16
5	9	25

Tek Sayılar Yasası



Ortalama Hız Teoremi

Gözlemine şöyle ifade eder: İkincil gökkuşağında, Güneş'ten gelen ışınlar yağmur damlasının altına çarpar ve kırılarak içeri girer, iç yüzeyde iki defa yansır, sonra tekrar kırılarak üst düzeyden dışarı çıkar ve göze ulaşır. Bu durumda da herhangi bir damla göze tek bir renk gönderir. Theodoric'in bu iki belirlemesi de doğrudur.

Theodoric ikinci kuşağın renklerinin solgun oluşunu da yine bu ek yansımaaya bağlar. Çünkü ona göre iki iç yansıma ışığı zayıflatmaktadır. Bu tespiti de isabetlidir, ancak bunun dışında ikincil gökkuşağını soluklaştıran başka nedenlerin de olduğuna inanır. Ona göre bu kuşak birincisinden daha uzaktır, bundan dolayı ışınlar daha fazla eğimle göze döner ve bu da zayıflamalarına neden olur.

Bununla birlikte Theodoric, iki kuşaktaki renk düzeninin birbirinin tersi oluşunu açıklamada tamamen başarısız olmuş, gökkuşağının neden yay biçiminde olduğunu da açıklayamamıştır. Neden sadece iki yay oluştuğu sorusu da cevapsiz kalmıştır. Çok zorlandığında "doğanın takdiridir" demekle yetinmiştir.

Sonuçta Theodoric'in gökkuşağı konusunda Aristoteles düşüncesini aşamadığı anlaşılıyor. Her iki yayın oluşumunu

göstermek için kullandığı pek çok çizimde yağmur damlaları hep yatay ve geniş bir yarım daire üzerinde sıralanmıştır ve bu yarım dairenin ucuna da Güneş yerleştirilmiştir. Ayrıca yansımanın etkisinin (Güneş ve yağmur damlaları arasındaki mesafe) yağmur damlalarıyla göz arasındaki mesafeye bağlı olduğu fikrini benimsemiştir. Bunların hepsi Aristoteles'in varsayımlarıdır. Bu yanlış kabul, doğal olarak Theodoric'in göz ve gökkuşağının merkezi arasındaki açığı yanlış tespit etmesine yol açmıştır. Ancak ikincil gökkuşağıyla ilgili hesaplamalar bilim yazınına ilk kez katılıyor olması açısından önemlidir. Ayrıca gökkuşağının büyüklüğüyle yağmur damlasına ilişkin açılar arasında bağlantı kurması isabetlidir. Bununla birlikte Theodoric'in çizimlerinde, gerçeğin tersine, Güneş'ten gelen ışınların paralel olmadığı, fakat yağmur damlasından çıkan ışınların paralel olduğu görülür. Bu da bir hatadır, ancak Kemâlüddin el-Fârisî'de olduğu gibi, gökkuşağının laboratuvarında incelenmiş olması açısından Theodoric'in çalışması bilim tarihinde önemli bir aşamayı temsil eder.

### Kaynaklar

- Boyer, C. B., *The Rainbow, from Myth to Mathematics*, Princeton University, 1987.
- Clagett, M., *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, University of Wisconsin, 1961.
- Freely, J., *Alaaddin'in Lambası*, Çeviren: N. Üstüntaş, Şenocak, 2010.
- Harré, R., *Büyük Bilimsel Deneyler*, Çeviren: S. Kılıç, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1994.
- Murdoch, J. E. ve Şylla, E. D., "The Science of Motion", *Science in the Middle Ages*, Ed. David C. Lindberg, University of Chicago, 1978.
- Sayılı, A., "Dinamik Alanında İbn Sinâ'nın Buridan Üzerindeki Etkisi", *Uluslararası İbni Sinâ Sempozyumu Bildirileri*, Kültür Bakanlığı, 1984.
- Topdemir, H. G., "Aristoteles'in Doğa -Fizik- Felsefesi", *Felsefe Dünyası*, Sayı 39, Türk Felsefe Derneği, 2004.
- Topdemir, H. G., "Aristoteles'in Doğa Felsefesinin Ortaçağ'daki Yansımaları", *Felsefe Tartışmaları*, Sayı 37, Boğaziçi Üniversitesi, 2006.
- Topdemir, H. G., "Kemâlüddin el-Fârisî'nin Gökkuşağı Açıklaması", *Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, Cilt: 33, Ankara Üniversitesi, 1990.
- Unat, Y., *Astronomi Tarihi*, Nobel, 2001.