



İşık Hızı

Yüzyıllar boyunca birçok düşünür ve bilimadamı, ışık hızını hesaplamaya çalıştı. Herkes yaşadığı çağın olanaklarını ve yaratıcı zekâsını kullanarak çeşitli yöntemlerle bu "esrarengiz" sayının peşine düştü. Çok uzun yıllar, ışık hızını doğru hesaplayabilmek, gökbilimcilerin ve fizikçilerin saplantılı uğraşı oldu. Veee günün birinde bu saplantıdan kurtuldular; çünkü ışık hızı hesaplandı.

Günlük yaşantımızda ışık, bize bir yerden başka bir yere anında gidiyormuş gibi görünür. Bir odaya girip ışığı açmak için düğmeye bastığımızda, ampul yandığı anda odanın en uzak köşesi bile aydınlanır. Aslında, ışığın ampulden çıkıp oda içinde ilerlemesi kısa da olsa bir süre alır. Ne var ki, bizim sinir sistemimiz, ışığın ampulden çıkıp tıpkı bir dalga gibi

odaya yayıldığını farkedemeyecek kadar yavaş. Bu nedenle de ışık hızının hesaplanması hiç kolay olmamış, birkaç yüzyıl sürmüştü. Ancak, her ne kadar, ışığın hızını farkedebilecek kadar gelişmiş duylara sahip olmasak da, uzayda büyük uzaklıklar söz konusu olduğundan ışık daha yavaş ilerliyormuş gibi görünür. Bu nedenle gökbilimciler ışık hızının

peşine düşmüş, yüzyıllar boyunca yanıtı gökyüzünde aramışlar.

Kim Başlattı Bu Yarışı?

1862 yılında güneşli bir Eylül günü Léon Foucault laboratuvarında çalışırken 10 yıllık çabası meyvesini verdi. Sonunda o sihirli sayıya ulaşmıştı. Ancak, Foucault'ya gelinceye dek birçok bilimadamı bu uğurda gece gündüz çalıştı. Gerçekte her şey 1000 yıl kadar önce bir Arap düşünür olan İbn-Al-Haitham'ın dahice sezgileriyle başladı. Haitham'a göre ışık, bir doğru üzerinde sıralanan ve kimi yüzeylerde sapmaya uğrayan birçok farklı ışık ışınından oluşuyordu. Bu durumda ışık hareketsiz değildi; bir noktadan diğerine inanılmaz bir hızla ilerliyordu. Düşünce çok basit görünüyordu; ama ortada elle tutulur bir kanıt yoktu. Bir mumun, yanar yanmaz kendi çevresini aydınlattığını görürüz. Ancak gerçekte, bunun için çok kısa da olsa bir süre geçer. Işıkla ilgili bu "modern" bilgi Haitham'ın aklına nasıl geldi bilmiyoruz; ama çalışmaları ortaçağ bilginlerine ışık tutmuş oldu.

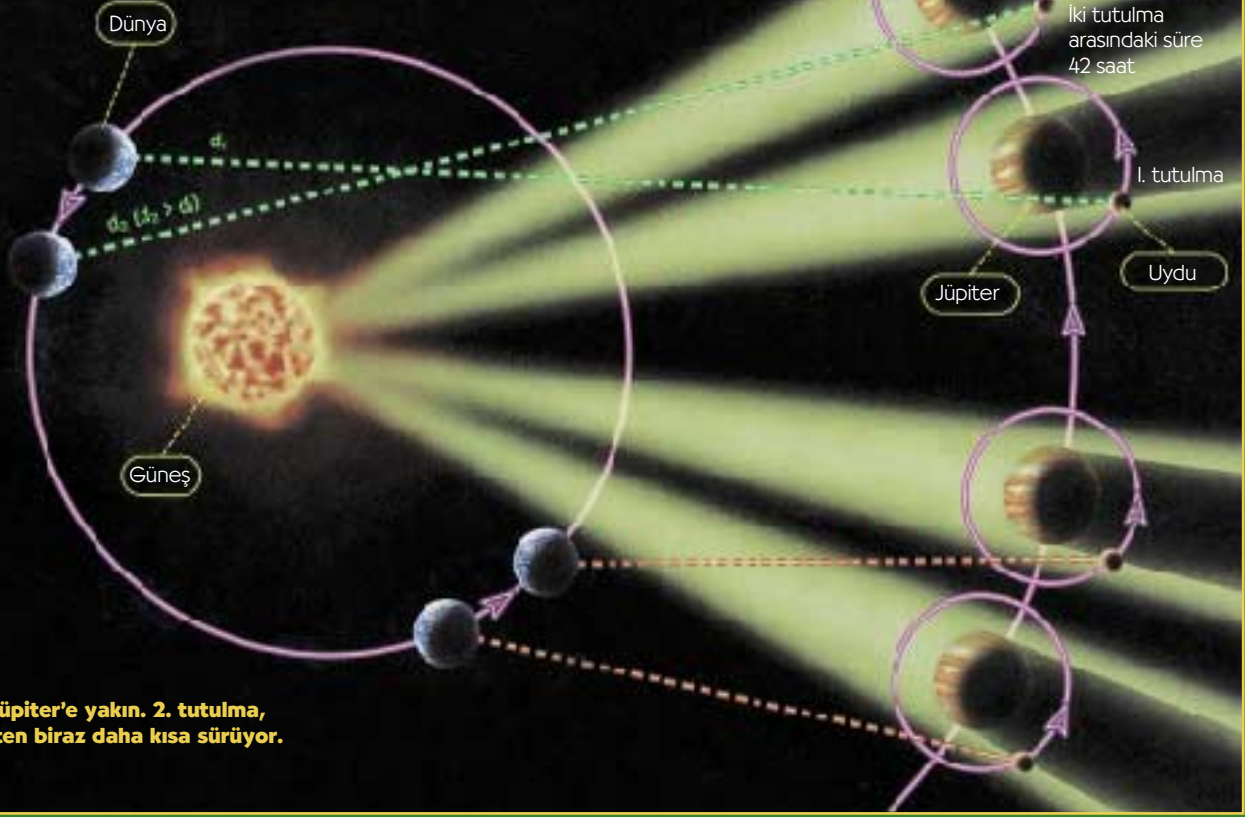
13. yüzyıla gelindiğinde bu konuyla ilgilenen iki bilimadamı vardı: Robert Grosseteste ve Roger Bacon. Grosseteste, doğada ışığın titreşimler sayesinde bir dalga dizisi gibi yayıldığını savunuyordu. Bacon'a göreyse, ışık da ses gibi, dalga biçiminde ilerliyordu. Bu nedenle Bacon, ışıkla ses hızını karşılaştırmanın, ışık hızını bulmak için

uygun olacağını düşündü. Bir fırtına sırasında çakan şimşek, hem ses hem de ışık ürettiği için bu gözlemi yapmak da güç olmadı. Şimşek çaktığında önce ışığı görür, sonra sesi duyarız. Bacon da bundan yararlanarak bir hesap yaptı. Buna göre, ışığın havada ilerleme hızı 1200 km/saat'ti. Bu sayı şimdi birçoğumuza komik geliyor, "amma da uydurmuş" dedirtiyor. Ne var ki, o dönemde eldeki bilimsel veriler ve ölçüm yapmak için gerekli olan araç gereçler ancak bu kadarını hesaplamaya yetiyordu.

Yine de 17. yüzyıla gelindiğinde birçok bilimadamı bu kurama kuşkuyla bakar olmuştu. Onlara göre ışık çok daha hızlı yol alıyor olmalıydı. İtalyan bilgin Galileo Galilei, ışık hızını bulabilmek için çok basit bir deney tasarladı. Ellerinde fener olan iki kişi karşılıklı duracak ve biri fenerini yaktığında, hemen diğeri de yakacaktı. İlk denek, fenerini yakmasıyla karşındakinin kendi fenerini yakması arasında geçen süreyi not alacaktı. Daha sonra bu iki kişinin arasındaki uzaklık artırılarak deney sürdürülecekti. Uzaklık arttıkça, ışığın karşındakine ulaşması için geçen süre de artmalıydı. Böylece ışığın sabit bir hızı olduğu söylenebilirdi. Galilei'nin bu deneyi gerçekleştirip gerçekleştirmediğine ilişkin hiçbir kanıt yok. Gerçekte bu, o dönem için pek de olası değildi zaten; iki denek arasındaki uzaklık 1 km olsa bile, ölçülmesi gereken zaman aralığı eldeki araçlarla ölçülemeyecek kadar kısaydı.



**Dünya Jüpiter'den uzakta.
2. tutulma, 42 saatten biraz
daha uzun sürüyor.**



**Dünya Jüpiter'e yakın. 2. tutulma,
42 saatten biraz daha kısa sürüyor.**

Deney başarıyla gerçekleştirilememiş olsa bile, düşünce güzeldi. Bu parlak fikir, 17. yüzyılda yaşayan ve ışık hızını gerçeğe görece yakın olarak ilk tahmin edebilen Ole Roemer'e de esin kaynağı oldu. Nasıl mı? Güneş Sistemimiz'in 5. gezegeni olan ve Dünya'ya yüz milyonlarca kilometre uzaklıkta bulunan Jüpiter'in hareketlerini gözlerken, ışık hızını hesaplamaya yardımcı olacak ipuçlarını yakalamasını sağlayarak. Roemer, Jüpiter'in o dönemde bilinen dört uydusunun, düzenli aralıklarla bir görünüp bir kaybolduğunu gözlemlemişti. Uydular, gezegenin çevresinde bir yörünge izliyor ve bu yörüngede ilerlerken gezegenin arkasına geçtiklerinde Dünya'dan görünmüyorlardı. Tutulma denilen bu durum zaten biliniyordu; ilginç olansa, aynı uydu için yaklaşık 42 saat olan bu tutulma süresinin, Dünya'nın Jüpiter'e olan uzaklığına bağlı olarak çok az da olsa değişiklik göstermesiydi.

Roemer bu farkı, iki gezegenin birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak, ışığın katetmek zorunda kaldığı uzaklığın büyüklüğüyle açıkladı. Buradan yola çıkarak yaptığı hesaplamalarla ışık hızını 215.000 km/sn olarak buldu. Bu, gerçek değere çok yakın olmakla birlikte, hâlâ ışık hızının gerçek değeri bulunabilmiş değildi. Bu değere, bu yöntemlerle ulaşmak, ancak

gökbilim kuramlarının ve gözlem araç gereçlerinin gelişmesiyle mümkün olabilirdi. Yine de, 1726'da bir başka gökbilimci, James Bradley, Dünya'nın yörünge çapını tam olarak hesaplayarak, ışık hızını % 1'lik bir hata payıyla 303.000 km/sn olarak buldu.

Eyvah Ortalık Kızıyor!

19. yüzyıla gelindiğinde ışık hızını doğru olarak hesaplayabilmek fizikçilerin en büyük tutkusu haline gelmişti. Ancak, herkes ortada açıklığa kavuşturulması gereken bir giz olduğunu söylüyordu: Işık nedir? Bu konuda farklı görüşleri savunan bilimadamlarından oluşan iki grup oluşmuştu. İlk grup, ışığın çok minik parçacıklardan oluştuğunu söylüyordu. Bu grupta, dönemin ünlü bilimadamı Isaac Newton da bulunuyordu. Newton'a göre, bu parçacıklar, su ya da cam gibi yoğun ortamlarda, havada olduğundan daha hızlı ilerleyebilirdi. İkinci gruptaki bilimadamlarına göre ise, ışık suda, havada olduğundan çok daha yavaş yayılabilen bir dalgaydı. İki grup arasındaki görüş ayrılığına ve sürtüşmeye son verecek sağlam kuramlara gerek vardı.

O güne değin ışık hızını bulmak, hep gezegenler arası uzaklıklar üzerinde çalışan gökbilimcilerin bir uğraşı olmuştu. Bununla birlikte, değişik ortamlardaki ışık hızlarını karşılaştırmak isteyen bilimadamlarının

laboratuvarlarda da çalışması gerekiyordu. Tam da bu sırada, iki yetenekli bilimadamı Hippolyte Fizeau ve Léon Foucault kendilerini bu amansız mücadelenin içinde buluverdiler. Zafere ulaşmadan önce her ikisinin de olağanüstü yaratıcılıklarını kanıtlamaları gerekiyordu. Ancak, bu iki bilimadamı da çalışmalarını gökbilime değil, daha çok optik ve mekanik bilgilerine dayandırıyorlardı. 19. yüzyılda endüstride büyük atılımlar olmuş, önemli gelişmeler yaşanmıştı. Bunlardan bir kısmı da, Fizeau ve Foucault'nun deneylerini yaparken gereksinim duydukları teknolojik gereçlerin üretilmesiydi.

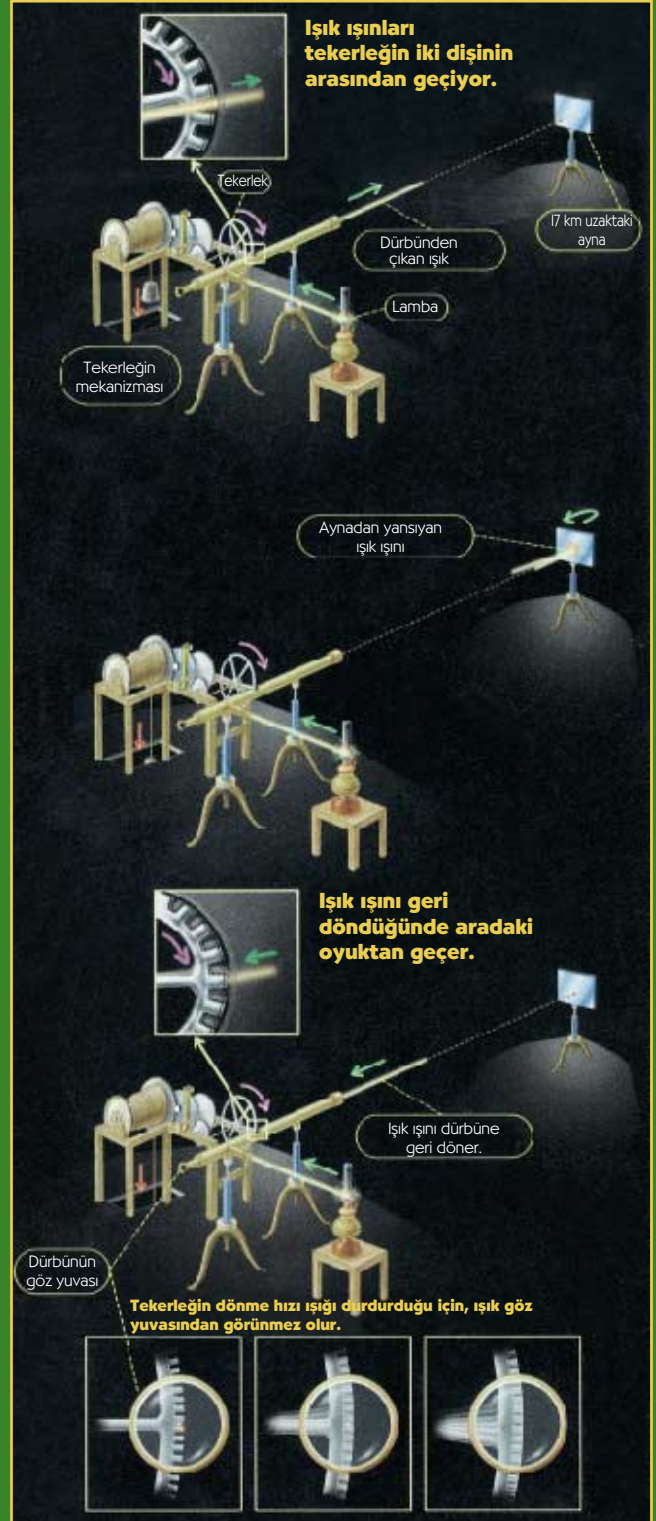
1849'da Fizeau, tamamı özdeş (tümüyle birbirinin aynı olan) 720 diş barındıran ve saniyede 10 tur atabilen bir tekerlekle bir deney gerçekleştirdi. Tekerleği, Paris'teki Monmartre ve 17 km uzaktaki Suresnes tepelikleri arasında gidip gelen ışığın, iki diş arasından geçmesini sağlamak için kullanmıştı. 1 saniyede kaç tur attığını bildiği tekerlek, ışık hızını hesaplamada ona yardımcı olacaktı. Bu düzenek sayesinde gerçekleştirdiği deney sonucunda Fizeau, ışık hızını 315.000 km/sn olarak hesapladı. Sizin de farkedeyeceğiniz gibi bu, 18. yüzyılda elde edilen sonuçlardan daha başarılı değildi. Ancak, deneyin en önemli özelliği, bu hızın yeryüzünde ölçülmüş olmasıydı; uzayda değil!

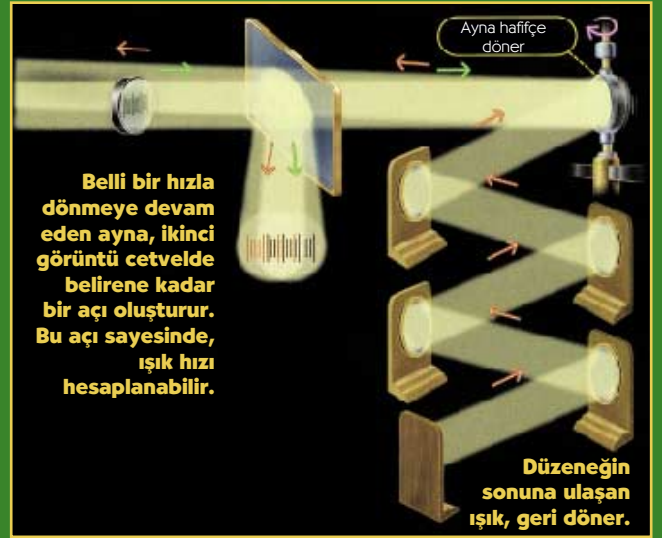
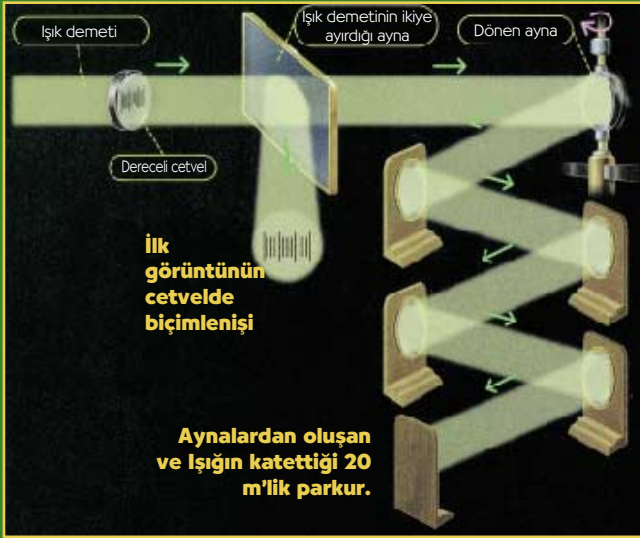
Fizeau'nun rakibi olan Foucault ise, bu sonucu saygıyla selamlıyor ve maçın rövanşını alabilmek için hazırlanıyordu. Herkesten gizlediği de bir kozu vardı: Dönen ayna! Bu ayna sayesinde, ışık hızını ölçmede Fizeau'nun yaptığından çok daha iyisini yapabileceğini umuyordu. Üstelik rakibi gibi kilometrelerce uzaklıkta değil, bu deney için yalnızca birkaç metre uzaklık yeterliydi. Foucault'nun gerçekleştirmeyi düşündüğü deneyde ışık, bir dizi ayna arasında gidip gelecekti. Işığın düzeneğe girmesi ve çıkması arasında (bu iş çok hızlı olduğu için, bize ışığın düzeneğe girmesi ve çıkması birmiş gibi gelir) ayna belirli bir açıda dönecekti. Aynanın dönme hızını bildiğimizden, bu açıyı ölçerek ışığın gidip gelmesi için gereken süreyi hesaplamak zor olmayacaktı. Daha sonra devrenin uzunluğunun, ışığın bu parkuru tamamlamak için geçirdiği süreye bölünerek ışık hızı bulunabilecekti.

Bunlara ek olarak, deneyin yalnızca basit bir masanın üzerinde gerçekleştirilecek olması, Fizeau'nun düzeneğine göre ne kadar kullanışlı olduğunun bir göstergesiydi. En azından, ışığın ilerlemesini engelleyebilecek hiçbir şey yoktu arada.

Her şey kuramsal olarak kusursuzdu. Ancak, uygulamada kullanılacak araç gereç hâlâ yetersiz

kalıyordu. Işığın hızını ölçmek için aynanın kendi ekseninde saniyede yaklaşık 400 tur dönmesi gerekiyordu. Bu da elbette sorunlar doğuruyordu. Her şeyden önce, o dönemde kullanılan aynalarda parlaklığı sağlayabilmek için cama sürülen cıva, dönmenin hızıyla aynanın kenarlarına savruluyordu. Bu durumda ayna, merkezinden görüntü yansıtma özelliğini yitiriyordu. Bu nedenle mühendisler, daha sonraları cıva yerine görece daha sabit kalabilen gümüş kullanmaya başladılar aynalarda.





Bir diğer güçlükse, aynayı döndürmektir. 1851'den beri Foucault, buharla çalışan bir türbin kullanıyordu deneylerinde. Ancak, türbinin ürettiği buğu, ölçümü bir parça engelliyor ve aynanın kusursuz düzenlilikle dönmesine izin vermiyordu. Bununla birlikte yine de Foucault, ışığın sudaki ve havadaki hızlarını karşılaştırmayı başarabildi. Suda ilerleyen bir ışık demetinin, havada ilerleyene göre, daha büyük bir açıyla sapmaya uğradığını gösterdi. Biraz gerilere gidersek, iki grup bilimadamları arasındaki çekişmeyi anımsayabiliriz. Bu durumda, ışığın su gibi yoğun ortamlarda daha yavaş ilerlediğini savunan ikinci gruptaki bilimadamlarının haklılığı da kanıtlanmış oldu.

Bu, Foucault için büyük bir başarıydı; ama yine de ışık hızı için yeni bir değer bulmuş değildi. Bu nedenle, aynasını daha düzenli bir biçimde döndürmesi gerekiyordu. Ancak, bilimin bazen ne kadar sabır gerektiren bir şey olduğunu anlaması için tam 10 yıl beklemesi gerekti. Foucault, org üreticisi komşusundan yardım isteyene kadar, 10 yıl boyunca bu sorunu çözmeye çalışmış, başaramamıştı. Org, değişik notalara göre havayı boruların içine iten bir körük sayesinde ses üretebilmekteydi. Foucault bu tür bir körüğü kendi türbininde buhar yerine kullanmayı düşündü. Bu sayede, önceki düzenekteki buğulanma ve düzensiz dönme sorunları ortadan kaldırılmış oldu. Sonunda, 1862 yılının Eylül ayında Foucault, sonuca ulaştı: Işık hızı 298.000 km/sn'di! Neredeyse kusursuz bir sonuç. Her ne kadar 1983'te Uluslararası Sistem'e (IS) göre 299.792 km/sn olarak açıklanana kadar ışık hızının birçok farklı ölçümü yapılsa da, Foucault'nun ulaştığı sonuçla bilim çevreleri bu saplantılı uğraşlarından sıyrılmış oldu.

Ya Daha Sonra?

Fizikçiler kendilerine yeni bir uğraş bulmakta gecikmediler. 20. yüzyılın başlarından bugüne değin

"Işık hızı mutlak mı?" ya da "Evrende ışık hızını geçmek olası mı?" gibi soruların yanıtlarını bulmak için çalışıyorlar. Her ne kadar Albert Einstein "görelilik kuramı"nda evrende hiçbir şey ışıktan hızlı hareket edemez diyor olsa da, özellikle son zamanlarda bu yargının doğruluğu da sınıyor. Bu konuda birçok deney yapılıyor ve ışık hızından daha büyük hızlara ulaşılabileceği kanıtlanmaya çalışılıyor.

Ayrıca, ışık hızı hesaplandıktan sonra, ışığın bize çeşitli uzaklıklardan ne kadar sürede ulaşacağıyla ilgili deneyler yapılmaya başlandı. Ne var ki, yeryüzünde ölçülebilen büyüklükler çok küçük olduğundan, gökyüzündeki değerler bize hep daha çekici geliyor. Örneğin, radyo dalgaları aracılığıyla, Ay'daki bir astronotun ışık hızıyla ilerleyen sesini duymamız yaklaşık 1 saniye sonra mümkün olabiliyor.

Bilimadamlarının bir başka saptaması da, ne kadar hızlı hareket ediyor olursak olalım, ışık hızının bize hiç hareket etmediğimiz zamankiyle aynı görüneceği. Ayrıca, eğer bir nesne ya da insan ışık hızına yakın bir hıza ulaşabilirse, zamanın onun için yavaşlayacağını söylüyorlar. Örneğin, ikiz kardeşlerden birinin ışık hızına çok yakın bir hızla yıldızlararası bir yolculuğa çıktığını varsayalım. Geri döndüğünde, Dünya'da kalan kardeşine göre daha genç görünüyor olacak. Çünkü, yolculuk boyunca zaman onun için yavaşlamış olacak.

Görebildiğimiz (optik) ışık, kızılötesi ışınım, radyo dalgaları, gama ışınları, X ışınları ve morötesi ışınımı içeren elektromanyetik spektrumun bir parçası. Bütün bunlar, ışığın değişik biçimleri ve hepsi de görünür ışıktan farklı enerjilere sahipler. Yine de bu elektromanyetik ışım biçimleri de görünür ışık hızında yol alırlar. Bir başka deyişle, ışık bile ışık hızını geçemez!

Işıkyılı

Işığın bir yıl içinde kat ettiği uzaklığa ışıkyılı deniyor. Işıkyılı, gökbilimin temel uzaklık ölçü birimi. Işık çok büyük bir hızla ileryebildiği için, çok büyük uzaklıklara ulaşması da aslında pek zor bir şey değil. Ancak, gökyüzünde çok uzaklarda gördüğümüz ve ışıklarıyla bize selam veren gök cisimlerinin, bize o anda gönderdikleri ışığı değil, onların geçmişte gönderdikleri ışıkları görüyoruz. Biraz kafanız karıştı değil mi? Aslında çok basit, uzaklıklar çok büyük olduğu için ışık hızı gibi büyük bir hızın bile bize ulaşması zaman alır. Örneğin, bize en yakın gökada olan Büyük Macellan Bulutu'nda patlayan Süpernova 1987a, Dünya'dan ilk defa 1987'de gözlemlendi. Büyük Macellan Bulutu'nun bize uzaklığı 190.000 ışıkyılı olduğu için diyebiliriz ki, Süpernova 1987a'yı ilk olarak 1987'de gördük; ama onun ışınlarının bize ulaşması 190.000 yıl sürdüğü için, gördüğümüz şey aslında onun 190.000 yıl önce bize gönderdiği ışık. Eğer Süpernova 1987a'nın şimdiki görüntüsünü merak ediyorsak, bunu görebilmek için 190.000 yıl beklememiz gerekeceğini de unutmamalıyız.

Gökyüzündeki çeşitli cisimlerin bize uzaklıklarını karşılaştırmak için ışınlarının Dünya'ya ne kadar

ışık hızını hesaplama yarışında, gökgürütüsü ve şimşek de bilimadamlarının yardımcısı oldu. Işığın da ses gibi dalga biçiminde yayıldığını ileri süren Roger Bacon, 13. yüzyılda bu doğa olayından yararlanmayı düşündü. Şimşek çaktığında önce ışığı görüp, sonra sesi duyduğumuzdan ışıkla ses hızını karşılaştırmak pek de güç olmayacaktı. Bacon gerçekleştirdiği deney sonunda birtakım hesaplamalar yaptı. Ne var ki, bulduğu sonuç doğru değildi.



Bize en yakın gökada olan Büyük Macellan Bulutu'nda yer alan Süpernova 1987a'nın Dünya'ya uzaklığı 190.000 ışıkyılı.

Işık

Dünya'dan Aya
Güneş'ten Dünya'ya
Güneş'ten Merkür'e
Güneş'ten Venüs'e
Güneş'ten Mars'a
Güneş'ten Jupiter'e
Güneş'ten Saturn'e
Güneş'ten Uranüs'e
Güneş'ten Neptün'e
Güneş'ten Pluto'ya
Güneş'ten en yakın yıldız
Güneş'ten en uzak yıldızlara

Süre

1,28 sn
8 dk
3 dk
6 dk
12,5 dk
43 dk
1 saat
2,6 saat
4 saat
5,4 saat
4,3 yıl
18 milyar yıl

sürede ulaşığına bakmamız yeterlidir. Örneğin, Güneş'in ışınlarının bize ulaşması yaklaşık 8 dakika kadar sürüyor. Yani, biz hep Güneş'in 8 dakika önceki ışınlarını görebiliyoruz. Güneş'ten sonra bize en yakın yıldızın uzaklığıysa 4,3 ışıkyılı.

Gökbilimcilerin görebildikleri en uzak cisim 18.000.000.000 ışıkyılı uzakta. Bu da, bu cisimden gelen ışınların yolculuklarına 18 milyar yıl önce başladıkları anlamına geliyor. Çıplak gözle görebildiğimiz en uzak cisimse 2,2 milyon ışıkyılı uzaklıktaki Andromeda Gökadası. Bu anlamda belki de gökyüzündeki cisimler için geçmişe açılan pencereler benzetmesini yapmak yanlış olmaz.

Yüzyıllar süren bir serüven, ışığın boşluktaki hızının tam olarak 299.792.458 m/sn olarak açıklanmasıyla sona erdi. Ancak, bu sayının bulunması birçok yeni serüveni de beraberinde getirdi. Şimdi ışık hızı, binlerce araştırmada kullanılan sabit bir ölçü birimi.

Elif Yılmaz

Kaynaklar

Nicot, F., "L'incroyable Vitesse de la Lumière" Science et Vie Jr, Agosto 2002
<http://csepl0.phys.utk.edu/guidpy/violence/lightseed.html>
<http://www.what-is-the-speed-of-light.com/travelling-at-the-speed-of-light.html>
<http://unimuseum.mus.pa.us/speed.html>