

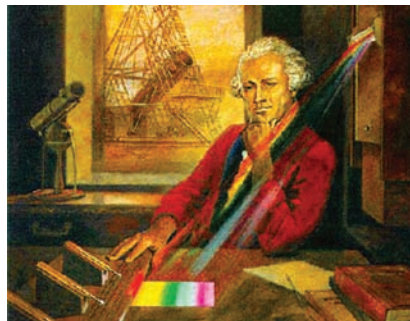
HEM DALGA HEM PARÇACIK

IŞIK

Canlılar ışıklardan ışık beğeniyor; kimi morötesine, kimi kızılötesine, çoğu da bunların arasındaki görünür ışık bölgesine; ama hepsi kendileri için uygun olana yöneliyor. Evrende dalga boylarıyla ifade edilen bir ışınlar dünyası var. Bunlardan bizim görüş alanımızdakiler çok dar bir aralıkta yer alıyor. Bir ucunda mikro dalgaları, diğer ucunda gama ışınlarını barındıran elektromanyetik spektrumun dalga boyları arasında çok büyük farklar var. Bazı dalga boyları kilometrelerce genişlikteyken bazıları, bir santimetrenin trilyonda birinden daha küçük. Bilimadamları bu farklı dalga boylarını sınıflara ayırıyorlar. Örneğin, santimetrenin trilyonda biri kadar küçük dalga boylarına sahip ışınlar, gama ışınları olarak adlandırılıyor. Bunlar çok yüksek düzeyde enerji taşıyorlar. Dalga boyları kilometrelerce genişlikte olanlarsa radyo dalgaları deniyor. Bunlar çok zayıf bir enerjiye sahip. Bu nedenle gama ışınları bizim için öldürücüken, radyo dalgalarının zararlı etkisi yok.

Işığın doğası, antik dönemlerden beri hep bir gizem. İlk çağlardan bu yana onu anlamaya çalışıyor, üzerine çeşitli yorumlarda bulunuyoruz. Popüler tanımlar, "Işık aydınlatılmış karanlıktır" gibi söz oyunlarını da içeriyor. Fizikçilere göreyse, görebildiğimiz ışık elektromanyetik dalga spektrumunun dar bir aralığı... Milattan beş asır önce yaşayan Pythagoras görme olayının, gözümüzden çıkarak cisimlere ulaşan "görme ışınları" ile ilgili olduğunu, Empedokles ise bunun tersi cisimlerden çıkarak göze gelen akımlarla ilgili

olduğunu söylemişti. Democritus bu fikri daha ileriye götürerek görme olayının cisimlerden koparak göze çarpan



ve atom olarak adlandırılan küçük taneciklerle ilgili olduğunu belirtmişti. Aristo bu fikirlere karşı çıkmıştı. Ona göre ışık, gözle cisim arasındaki saydam ortam tarafından taşınarak görmeyi oluşturuyordu. Avrupa'da Alhazen adıyla meşhur olmuş arap bilgini İbn-Al-Haysam, görme olayını bu günkü haliyle açıklamıştı. Ona göre görme, cisimlerden çıkarak (yansıtılarak) gözümüze gelen ışınlarla oluşuyordu.

19. yüzyılın başlarına kadar ışığın küçük parçacıkların akışından oluştuğu düşünülüyordu. Parçacık kuramı-

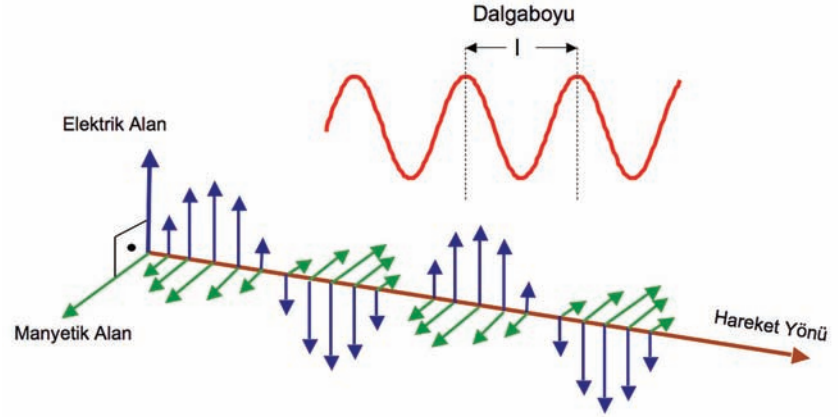
nın mimarı olarak kabul edilen Newton, ışığın bir ışık kaynağından parçacıklar olarak yayıldığı ve bunların gözde meydana getirdiği uyarımlar sonucunda görme olayının gerçekleştiğini söylüyordu. Kuramıyla yansıma ve kırılma olaylarını başarılı bir şekilde açıklamış, zamanın bilimadamları tarafından büyük kabul görmüştü. Onun yaşadığı zamanda ışığı açıklayan bir başka kuram ortaya atıldı. Bu kurama göre ışık, bir çeşit dalga hareketiydi ki, 1678'de Alman fizikçi ve gök bilimci Christian Huygens, kırılma ve yansıma olaylarının dalga modeliyle de açıklanabileceğini gösterdi.

1801 yılında Thomas Young, ışığın dalga kuramını destekleyen ilk gösteriyi gerçekleştirdi. Işığın uygun koşullarda dalgalar gibi girişime uğradığını gösterdi.

Işık hakkında en önemli kuramlardan biri 1865'de James Clerk Maxwell'in ortaya koyduğu elektromanyetik kuram oldu. Maxwell, bir elektrik akımının hızla değiştirilmesiyle çok büyük hızda ışınım yayan elektromanyetik dalgalar oluşacağını öngörmüştü. Hesaplarına göre bu hız (yaklaşık 300.000 km/saniye), ışık hızındaydı. Elektrikle manyetizma arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak belirleyen Maxwell, ışığın bir elektromanyetik dalga olduğu sonucuna vardı. Daha sonraki yıllarda Hertz tarafından Maxwell'in kuramı kanıtlanınca, dalga modeli daha fazla taraftar topladı.

19. yüzyılın sonlarında Planck ve Einstein'in yaptıkları çalışmalar sonucu, tekrar parçacık modeli güçlendi. Planck'a göre bir enerji türü olan ışığın yapısı kesikli yani kuantumlu olmalıydı. Işık enerjisini taşıyan bu dalga paketleri (kuantalar) daha sonra Einstein tarafından foton olarak adlandırıldı. Parçacık modeline göre foton, ışık enerjisini taşıdığı kabul edilen ve kütlesi olmayan çok hızlı parçacıklar.

20. yüzyıla kadar iki farklı modelle açıklanmaya çalışılan ışık hakkındaki tartışmalara 1920'li yıllarda De Broglie ve Schrödinger tarafından farklı bir bakış açısı getirildi. Bu bilimadamları, ışığın tek bir modelle açıklanamayacağını, hem dalga hem de parçacık özelliği gösteren ikili bir yapıya sahip olduğu görüşünü ileri sürdüler. Işık hakkındaki bugün kabul edilen son görüş bu. Buna göre ışık, bazen dalga bazen



Boşlukta hareket eden bir elektromanyetik dalga. Elektrik ve manyetik alanlarının konuma göre değişimi. Dalga şeklinin tekrarlandığı en küçük mesafeye dalgaboyu denir.

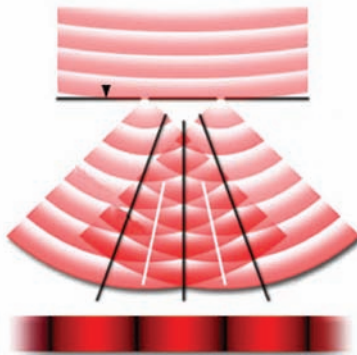
de parçacık davranışı gösteren bir tür enerji.

Elektromanyetik Dalga

Işığın tanımındaki karışıklık onun hem "dalga", hem de "parçacık" gibi ikili özellik göstermesinden kaynaklanıyor. Bir deneye göre ışığın yayılması, havuza atılan bir taşın su yüzeyinde yaptığı dalgalanmalar gibi. Öte yandan bir başka deneyde ışık, dalga gibi değil de parçacık gibi, karşıdaki nesneye çarparak, kesikli ve aralıklı darbeler biçiminde kendini gösteriyor.

Maxwell'in bilime en büyük katkısı, tüm her şeydeki elektrik ve manyetizmanın bir araya gelerek ışığı oluşturduğunu keşfetmesi oldu. Artık geleneksel hale gelmiş olan; gama ışınlarından X-ışınlarına, morötesi ışığa, görünür ışığa, kızılötesi ışığa, radyo dalgalarına kadar çeşitli dalga boyları şeklinde var olan elektromanyetik spektrum anlayışını Maxwell'e borçluyuz. Radyo, televizyon ve radarı da tabii.

Maxwell, elektromanyetik dalganın kusursuz bir boşluk ortamında ya-



yılmasını gösteren mekanik bir model tasarlama zorunluluğu duydu. Zamana göre değişen elektrik ve manyetik alanları içeren ve destekleyen, eter adını verdiği gizemli bir maddeyle dolu bir uzay (evreni dolduran ve zonklayan, ama görünmez olan pelte gibi) varsaydı. Eterin pelte gibi titremesi, içinde ışığın yol almasının nedeniydi; tıpkı su dalgalarının suda, ses dalgalarının havada yayılması gibi. Ancak, bu eter çok ince, neredeyse cisimsiz, hayalet gibi bir yapıda olmalıydı. Güneş ve Ay, gezegenler ve yıldızlar yavaşlamadan, farkına varmaksızın içinde yol alabilmeliydi. Ama korkunç hızlarda yol alan tüm bu dalgalara dayanabilecek kadar da sert olmalıydı. Kuşkusuz radyo dalgalarının havasız ortamda yol alması, Maxwell'in vardığı önemli sonuçların ürünüydü.

Eter içinde yol alan ışık ve madde bulgusu, kırk yıl sonra Einstein'ın Özel Görelilik Kuramı'na ve birçok diğer buluşa temel oluşturacaktı. Daha sonra, Einstein'ın görelilik ve ardındaki deneyler elektromanyetik dalgaların yayılmasını destekleyen eter diye bir madde olmadığını gösterdi. Dalga kendi başına yol alıyordu. Değişen elektrik alanı manyetik alan; değişen manyetik alan da elektrik alanı üretiyor, böylece boşlukta duramaları sağlanıyordu.

Maxwell'in denklemleri, hızla değişkenlik gösteren bir elektrik alanının, elektromanyetik dalgalar üretmesi gerektiğini gösterir. 1888 yılında Alman fizikçi Heinrich Hertz gerekli deneyi yaparak yeni bir tür ışımaya, yani radyo dalgalarını buldu. Yedi yıl sonra Cambridge'deki İngiliz fizikçiler bir kilometrelik uzaklığa radyo sinyalleri

Dalgaboyları (metre)

10³ 10² 10¹ 1 10⁻¹ 10⁻² 10⁻³ 10⁻⁴ 10⁻⁵ 10⁻⁶

← Daha uzun

Dalgaboyunun büyüklüğü



Elektromanyetik dalgaların türleri

Radyo Dalgaları

Tel gibi somut bağlantılar kullanmadan, veri taşınmasına aracı olurlar. Birkaç kilometreden 0,3 metreye kadar dalgaboylarına ve birkaç Hz'den 10⁹ Hz'e kadar frekanslara sahiptir. TV ve radyo yayın sistemlerinde kullanılan bu dalgalar, titreşen devrelerin bulunduğu elektronik aygıtlar tarafından üretilirler.

Mikrodalgalar

0,3 m'den 10⁻³ m'ye kadar dalgaboylarına ve 10⁹ Hz'den 3x10¹¹Hz'e kadar frekanslara sahiptir. Bu dalgalar, atomik ve moleküler yapının ayrıntılarının çözülmesinde olduğu kadar, radarlar ve diğer iletişim sistemlerinde de kullanılır.

Kızılötesi

Bu dalgalar, moleküller ve sıcak cisimler tarafından üretilir. Endüstri, tıp, astronomi v.b. alanlarda çoklukla kullanılırlar.

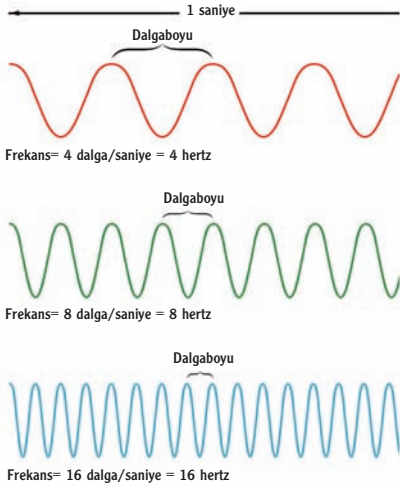
Görünür Işık

Gözün retinasının duyarlı olduğu dalgaboylarıyla sınırlanan oldukça dar aralıkta bulunurlar. Işığın gözde oluşturduğu, renk adı verilen çeşitli duyumlar, elektromanyetik dalgalının frekans ve dalgaboyuna bağlıdır.

Kaynaklar

Frekans (birim saniyedeki dalga sayısı)

← Daha düşük



Işığın birim zamandaki titreşim sayısı frekansı, tekrarlanan birimler arasındaki mesafe de dalgaboyunu gösteriyor.

göndermeyi başardılar. 1901'de İtalyan Guglielmo Marconi, Atlas Okyanusu'nun diğer yanıyla görüşmek için radyo dalgalarını kullandı.

Maxwell'in elektromanyetik dalga kuramı sayesinde verici kuleleri, mikrodalga röleleri ve iletişim uydularıyla modern teknoloji hızla gelişti. Uçakların, gemilerin ve uzay araçlarının kontrol ve rota tespiti, radyo gökbilimi ve dünyadışı yaşam arayışı, elektrik gücü ve mikroelektrik sanayilerinin önemli özelliklerini de bu kurama borçluyuz.

Işığın Şaşırtan Özellikleri

Işık birçok yönden bir dalga gibi hareket eder. Örneğin, karanlık bir odada ışığın birbirine paralel iki yarıktan geçtiğini düşünün. Bu durumda yarıkların arkasındaki bir perdeye düşen görüntü, yarıkların bir dizi paralel aydınlık ve karanlık görüntüsü, yani bir girişim saçığı olur. Dalgalar bir kurşun gibi düz bir çizgi üzerinde hareket etmez, iki yarıktan çeşitli açılarda dağılırlar. Dalga tepeleri üst üste geldiğinde aydınlık bir görüntü yani yapıcı girişim oluşur. Dalga tepeleri dalga çukuruyla üst üste geldiğindeyse karanlık yani yıkıcı girişim oluşur. Bu bir dalgaya özgü davranış biçimi. Eğer bir dalgakırandaki rıhtımın dolgu maddesi üzerinde yüzeyden iki delik açılırsa, su dalgalarının da aynı şekilde hareket ettiğini görülür.

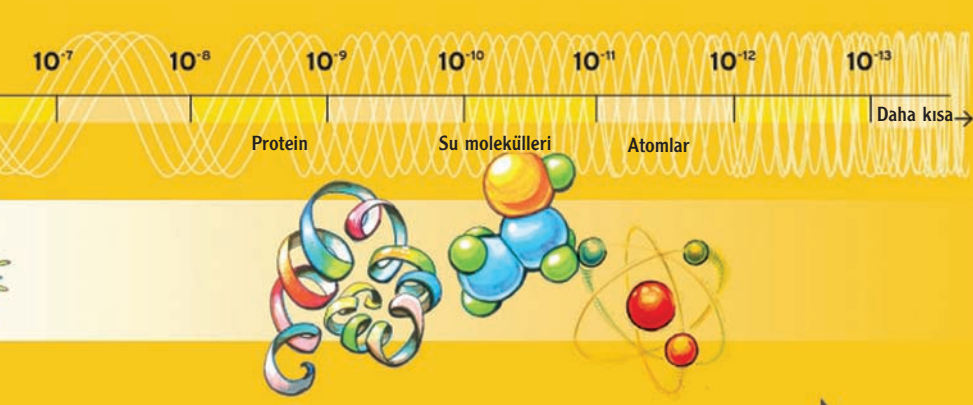
Bununla birlikte ışık aynı zamanda minik kurşunlardan oluşan bir nehir gibi de hareket eder. Bunlara foton denir.



Basit bir fotosel (bir fotoğraf makinesinde ya da ışıkla çalışan hesap makinesinde) bu şekilde çalışır. Gelen her foton hassas bir yüzeyden bir elektron fırlatır. Daha çok foton daha fazla elektron koparır ve böylece bir elektrik akımı oluşur. Carl Sagan "peki ama ışık aynı anda nasıl hem bir dalga hem de parçacık olabilir? Belki de ışığın ne bir dalga ne de parçacık değil, bilinen karşılığı olmayan başka bir şey olduğunu; bazı koşullarda bir dalgalının, diğerlerindeyse bir parçacığın özelliklerini gösterdiğini düşünmek daha doğru olabilir" diyor.

Yine de birçok açıdan ışık sese benziyor. Işık dalgaları da üç boyutlu. Frekansı, dalga boyu ve hızı (ışık hızı) var. Ancak su ya da hava gibi, içinde yayılacak bir ortama ihtiyaç duymamaları şaşırtıcı. Aramızdaki boşluk hemen hemen tamamıyla havasız bir ortam olsa da, Güneş'in ve uzaktaki yıldızların ışıkları bize ulaşıyor. Uzaydaki astronotlar birbirlerini kusursuz bir şekilde görebilirler ancak duyamazlar. Çünkü sesi iletecek hava yok.

Farklı frekanstaki sesleri nasıl farklı müzik tonları olarak duyuyorsak, değişik frekansta ışığı da değişik renkler olarak görüyoruz. Kırmızı ışığın frekansı saniyede 460 trilyon dalga, mor ışığın frekansıyla saniyede 710 trilyon dalga. İkinin arasında da gökkuşağının bilinen renkleri yer alıyor. Her rengin bir dalgaboyu, dolayısıyla frekansı var.



Morötesi

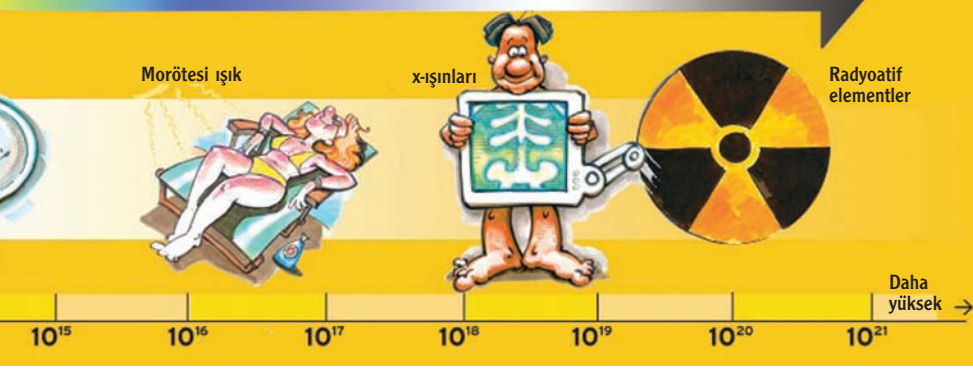
Morötesi ışınlar atmosferin ionosfer katmanında atomlarla etkileşir, bolca iyon üretilir. Mikro organizmalar morötesi ışınları soğurdıklarında, parçalanırlar.

X-ışınları

X-ışınları tıpta bir tanı aracı olup, kanser tedavisinde kullanılır. Canlı dokulara zarar verdiğinden, x-ışınlarına gereksiz yere hedef olmamak gerekir. Ayrıca x-ışınları kristal yapı incelemelerinde kullanılır. Çünkü, x-ışınlarının dalgaboyları, kristal yapıdaki atomlar arası uzaklık boyutunda.

Gama Işınları

Radyoaktif çekirdeklerin nükleer tepkimeleri sırasında yayılırlar. Bu ışınlar, çok nüfuz edici olduklarından, canlı dokular tarafından soğurulunca zarar verirler. Bu ışınlarla çalışanlar, kurşun kabaka gibi soğurucularla korunmalılar.



Nasıl bizim duymayacağımız kadar yüksek ve alçak tonda sesler varsa, görüş alanımız dışında kalan ışık frekansları ya da renkler de var. Işık, çok daha yüksek frekanslara (gama ışınları saniyede milyar kere milyar, yani 10^{18} dalga) çıkıp çok daha düşük frekanslara (uzun radyo dalgaları saniyede bir dalgadan az) inebilir. Işık spektrumunda yüksek frekanstan düşük frekansa doğru geniş dilimler halinde; gama ışınları, x-ışınları, morötesi ışık, görünür ışık, kızılötesi ışık ve radyo dalgaları yer alıyor. Bunların hepsi boşlukta hareket edebilen dalgalar. Hepsi de bildiğimiz görünür ışık kadar gerçek bir ışık.

Bu arada bu ışınların biz canlılar için en önemli özelliğini de belirtmek gerek: Bu ışınlar, aynı zamanda bizi besliyorlar!

Fotosentez adı verilen kimyasal tepkimeyle ortaya çıkan glukoz molekülü, yüksek enerji içeriyor ve tüm besinlerin temel taşı oluşturuyor.

Kıscacası bitkiler fotosentez yaptıklarında, Güneş'ten gelen enerjiyi kullanarak besin üretiyorlar. Dünya üzerindeki en temel besin üretimi, bitkiler aracılığıyla gerçekleşen bu olağanüstü kimyasal işlemin ürünü. Diğer tüm canlılar bu kaynaktan besleniyor. Otoburlar bitkileri yediklerinde bu Güneş kaynaklı enerjiyi alıyorlar. Etoburlarsa bitkileri yiyenleri yemekle, yine Güneş kaynaklı enerjiyi elde ediyorlar. Biz de hem bitki-

ler hem hayvanlar aracılığıyla yine aynı enerjiyi alıyoruz. Bu nedenle, yediğimiz her şey aslında bize Güneş'ten gelen enerjiyi veriyor.

Bilgi Taşıyan Işık

Işık, iletişim tarihinin en başından beri bilgi iletim araçları içinde yer alıyor. Işık üreten kaynak olarak ateşin kullanıldığı ilk ışık hızında haberleşmeden binlerce yıl sonra yine aynı noktaya döndük. Sinyal aracı olarak görünür ışık kaynağı ateş kullanımından, görünmez ışıklara geçtik. Sinyalleme araçları şekil değiştirdi ve bu işlem çok daha karmaşık bir hale geldi.

İletişim, bir iletinin kodlanarak elektrik, elektromanyetik ya da optik yoluyla bir yerden başka bir yere iletilmesi ve kod çözümü sonucu iletinin alınması biçiminde gerçekleşiyor. İletişim, kablolu ve kablosuz (wireless) olmak üzere iki ortam üzerinden analog ya da sayısal sinyallerle sağlanıyor.

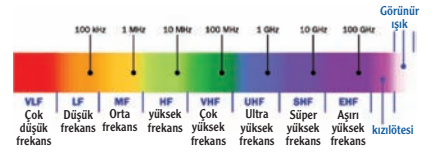
Kablolu iletim ortamında elektrik, elektromanyetik ya da optik sinyaller, bakır ya da fiber optik kablolardan ve dalga yönlendiricilerden yararlanılarak aktarılıyor.

Kablosuz iletim ortamındaysa iletileler elektromanyetik dalgalar biçiminde hava, su, boşluk gibi doğal ortamlardan yararlanılarak hedefe ulaştırılıyor.

Elektromanyetik dalgalardan radyo

dalgaları, çeşitli hızlarda titreşerek bilgi aktrarımında rol alırlar. Tel gibi somut bağlantılar kullanmadan, gazıvarı içerisinde veri taşınmasına olanak tanırlar. Radyo dalgaları, diğer elektromanyetik dalgalardan göreceli olarak daha uzun dalgaboylarına sahipler.

Dünyanın her noktasının gerçek anlamda birbirine bağlanması ve "evrensel köy"e dönüşüm, tüm dünyaya bilgi iletebilen ve sıradan bir insanın en azından zaman zaman kullanabileceği kadar ucuz olan teknolojiler geliştirildi. Işık hızında haberleşme, telgrafın bulunuşu ve sualtı kablolarının döşenmesiyle başlayıp, telefonun icadıyla önemli ölçüde gelişti. Radyo, televizyon ve uydu haberleşme tekniklerinin icadı üzerine de dev boyutlarda yaygınlaştı.



Günümüzde düzenli olarak, rahatlıkla, üzerinde hemen hemen hiç kafa yormadan ışık hızıyla haberleşiyoruz. At, yelkenli gemi ya da buharlı tren hızından ışık hızına geçiş, neredeyse yüz milyon kat büyüklükte bir gelişme demek. Einstein'ın özel görelilik kuramında ortaya koyulan, Dünya'nın işleyişine ilişkin temel nedenlerden dolayı ışık hızından daha hızlı bilgi göndermenin mümkün olmadığını biliyoruz. Bir yüz yıl içinde hız sınırında son noktaya ulaşmış bulunuyoruz. Teknoloji o kadar güçlü, yansımaları o kadar geniş kapsamlı ki, toplumlar henüz ona yetişemiyorlar.

Özellikleri ve biçimi ne olursa olsun ışınlar, yüklendikleri görevleri "ışık hızında" yerine getiriyor. Birbirinden farklı sayısız elektromanyetik dalga, hava boşluğunda, iletken bir telde ya da fiber optik kabloda, karışmadan ve birbirini engellemeden yüklendikleri görevleri yerine getiriyorlar.

Duran Akca

Kaynaklar
French, A. P., Çeviri: Nazım Uçar, Titreşimler ve Dalgalar, İstanbul, 2004
Goca, Niftali, Prof Dr., Çeviren: Çakır, Celal, Yrd Doç Dr., "Optik", Aktif Yayınları, Erzurum, 2000
Joseph A.Edminister, Elektromanyetik, çev: Dr M.Timur Aydemir, Dr. Erkan afacan, Dr. K.Cem Nakiboğlu, Ankara-2000
Sagan, C., Milyarlarca ve Milyarlarca Milenyumun Eşiğinde Yaşam ve Ölüm, Çeviri: Füsün Baytok, TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları, Ankara, 2006
Sagan, C., Karanlık Bir Dünyada Bilimin Mum Işığı, Çeviri: Miyase Göktepe, TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları, İstanbul, 1998