



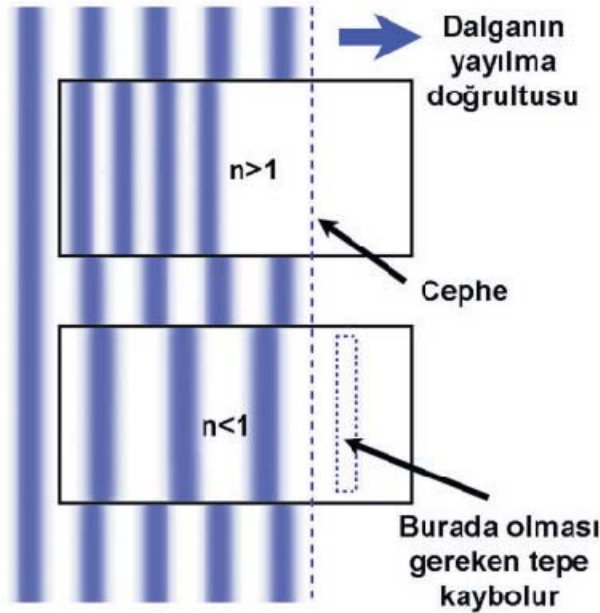
İşık hızının aşılması hakkında, geçen aydan devam...

Geçen ay maddelerin kırma indisinin nasıl ortaya çıktığını açıklamaya çalışmıştık. Kısaca tekrarlamak gerekirse, maddenin içinde yayılan ışığı iki elektromanyetik dalganın üst üste gelmesi şeklinde düşünüyoruz. Bunlardan birincisi, dış kaynaklar tarafından yaratılan ve maddenin bulunduğu yerden geçmekte olan dalga (orijinal dalga), diğeri de maddenin elektronlarının verdiği tepki nedeniyle oluşan, saçılan dalga. Her iki dalganın da boşlukta yayıldığını (bunun maddedeki elektronlarla çekirdekler arasında kalan boşluk olduğunu düşünebilirsiniz), bu nedenle de ışığın boşluktaki yayılma hızı olan $c=300.000$ km/sn hızla yayıldığını söylüyoruz. Ama bu iki dalga üst üste geldiği için, dalgalarda görülen girişim olgusu işin içine giriyor ve toplam dalganın daha farklı bir hızla yayıldığı sonucu ortaya çıkıyordu.

Işığın madde içinde farklı hızla yol almasının, dolayısıyla "kırma indisi" kavramının ortaya çıkış nedeni bu. Yansıma ve kırılma olguları da aynı mekanizmayla açıklanıyor. Cevaplamadığımız bir soru şuydu: Bazı durumlarda ışığın maddesindeki hızı, boşluktaki hızından büyük çıkabiliyor (kırma indisinin 1'den küçük olduğu durumlar). Özellikle X-ışınları için bunun her zaman geçerli olduğunu eklemiştik. O halde görelilik kuramındaki ünlü hız sınırlaması yasası çiğnenmiyor mu?

Bu yasanın çiğnenmediğini göstermek oldukça kolay. Hem orijinal dalga, hem de saçılan dalga ışığın boşluktaki hızıyla yayılıyordu. O halde bu ikisinin üst üste gelmesiyle oluşan toplam dalga bu hızı geçemez!

Yeni bir kavramı tanımlamakta yarar var. Elektromanyetik dalgaların hızının her yerde c olduğunu varsayarak yayıldığını düşündüğümüzde ulaşabilecekleri en uç noktalara "cephe" diyoruz. Cephe hayali bir yüzey. İlerisinde, yayılan dalganın henüz ulaşamadığı, dolayısıyla hiç bir



etkisinin olamayacağı noktalar yer alır; gerisinde de cepheyi takip eden dalga. Eğer toplam dalganın hızı düşükse (kırma indisi 1'den büyük), maddenin içinde yayılan ışık cephenin bir hayli gerisinde kalır. Burada bir sorun yok. Diğer durumda, yani kırma indisinin 1'den küçük olduğu, dolayısıyla dalganın c'den hızlı gittiği durumda da ışığın, ne olursa olsun cephenin gerisinde kalacağı kesin. Ama bunun nasıl gerçekleştiği sorusunun cevaplanması gerekiyor.

Dalgaların hızından bahsederken karşılaştığımız en büyük sorun şu: Tek bir noktada bulunduğunu düşündüğümüz parçacıkların tersine, dalgalar geniş bir hacim kaplar. Özellikle dalga şekli değiştiriyorsa, bu hacim içindeki değişik noktalar değişik hızlarla hareket ederler. Bu nedenle, dalganın neyin hızından bahsettiğimizi iyi bilmemiz gerekir. Çok kullanılan iki farklı hız kavramımız var. Bunlardan birincisi, her bir dalga tepesinin (ya da çukurunun) hızı ki, biz buna "faz hızı" diyoruz. İkincisi de, "grup hızı" dedğimiz, birçok dalga tepesini içeren dalganın kapladığı bölgenin hızı. Örnek olarak denizdeki bir geminin oluşturduğu, bir kaç tane tepeden oluşan dalgayı düşünebilirsiniz. Tüm grubun hızıyla, dalga tepelerinin hızı farklıdır.

Deniz kenarında gözlem yapma meraklıları için ekleyelim: Fazla yüksek olmayan deniz dalgaları için faz hızı, grup hızından iki kat büyüktür. Bunun bir sonucu olarak, her bir dalga tepesi zaman geçtikçe grubun önüne ilerler; fakat en öne yaklaştıkça küçülürler ve en sonunda kaybolurlar. Yerlerini grubun gerisinde oluşan yeni

tepler alır. Örnek olarak bir sörfçünün, grubun en arkasındaki bir tepeyle beraber sörfüne başladığını düşünün. Tepe gruptan iki kat hızlı hareket ettiği için bir süre sonra sörfçü tüm dalga trenini arkasında bırakacaktır.

Grup hızının faz hızından farklı olmasının temel nedeni şu: Sonlu sayıda tepeden oluşan bir dalga grubu için tek bir dalgaboyu değerinden bahsedemiyoruz. Böyle bir grup, birbirinden çok az farklı dalgaboyuna sahip çok sayıda dalganın üst üste gelmesiyle oluşur. Çoğu durumda faz hızı dalgaboyuna bağlı olduğu için böyle bir dalga mutlaka şekil değişikliğine uğrayacaktır. Fakat bunun dışında, grubun en ilerideki ve en arkada-

ki bölgelerinin faz hızından oldukça farklı bir hızla sahip olması gerektiği sonucu da ortaya çıkıyor (girişim olgusu burada da işin içine giriyor). Kısacası olay, faz hızının dalgaboyuna bağımlılığından kaynaklanıyor.

Maddenin içinden geçen X-ışınları için de aynı olay söz konusu. Burada, kırma indisinden elde edilen hız bize faz hızını veriyor. Buna karşın, grup hızı hesaplandığında c'den düşük bir değer elde ediyoruz. Bu nedenle: Her bir dalga tepesi c'den hızlı hareket ettiği için hızla grubun önüne ilerler, grubun önüne yaklaştıkça gittikçe zayıflar ve en sonunda tamamen kaybolur. Hatta, cepheye bile ulaşmaya fırsat bulamaz. (Bu tam doğru değil, cephenin hemen gerisinde çok az da olsa bir miktar elektromanyetik dalga bulunur, ama bu çoğunlukla gözlemlenemeyecek kadar zayıftır. Bunların bir kısmının, grubu küçülerek terkeden tepeler olduğu söylenebilir.)

Son olarak, dalga tepelerinin hızının c'yi aşmasının görelilik kuramına aykırı olmadığını ekleyelim. Görelilik kuramı tam olarak "hiç bir mesajın, ışığın boşluktaki hızı olan c'den hızlı iletilmeyeceğini" iddia eder. Bugüne kadar hiç kimse dalga tepelerini kullanarak mesaj iletmenden bir yolunu bulamadı (çünkü yok). Özellikle uzak bir yere bir mesaj iletmeye çalıştığınızı düşünün. Hiç bir tepe grubun en önündeki bölgeyi aşamayacağı için, mesajınızı iletme hızınız da grup hızını aşamayacaktır. Yani, sorun yok. Gerçi bazı ender durumlarda grup hızı c'yi aşan dalgalar oluşturmak mümkün, fakat bu kez grup cepheyi aşamaz. Cephe de her zaman c hızıyla ilerlediği için, yine sorun yok. Geçmişte birçok kez, yapılan bazı deneylerde bilim adamları bir takım şeylerin hızının c'yi aştığını göstermeyi başardılar (bu deneylerin çoğu dalgalarla ilgili). Ama, ayrıntılı bir incelemeden sonra, bu tip olayların c'den hızlı mesaj iletmek için kullanılamayacağı, dolayısıyla görelilik kuramının güvende olduğu ortaya çıktı. X ışınlarının faz hızında gördüğümüz olay, bunlardan sadece birisi.

