

Konu: **Bilim**

Yazı: **24**

Göreliliğin uzam ve zaman

Doç. Dr. Haluk Berkmen

Maddesel parçacıklar aynı anda aynı yeri kaplayamazlar (Bkz: **14-Standart Parçacık Modeli** başlıklı yazı). Şu halde her nesnenin kendine ait bir "şimdi" ve "burada" noktası olması gerekir. Bunun anlamı da "**bir tek şimdi**" gerçeğinin olamayacağıdır. Her var olanın **şimdi**'si farklıdır. Dolayısıyla aynı anda (şimdiki anda) oluştugu sanılan olaylar arasında belli bir zaman farkı olması gerekir. Demek ki her var olan için aynı olan, mutlak ve tek, bir zamandan söz edilemez.

Benzer şekilde tek ve mutlak olan uzamdan da söz edilemez. Her var olanın ölçtüğü uzam kendi gözlem çerçevesine bağlı olacağına göre uzunluk ölçümleri de farklı değerler verir. Bu farkı yaratan da gene tek bir ortak gerçeğinin olanaksızlığıdır. Ancak uzam-zaman konisi içinde kalan noktalar arasında nedensellik geçerli olduğundan farklı dahi olsalar uzamla ve zamanla ilgili ölçümler hesaplanabilir.

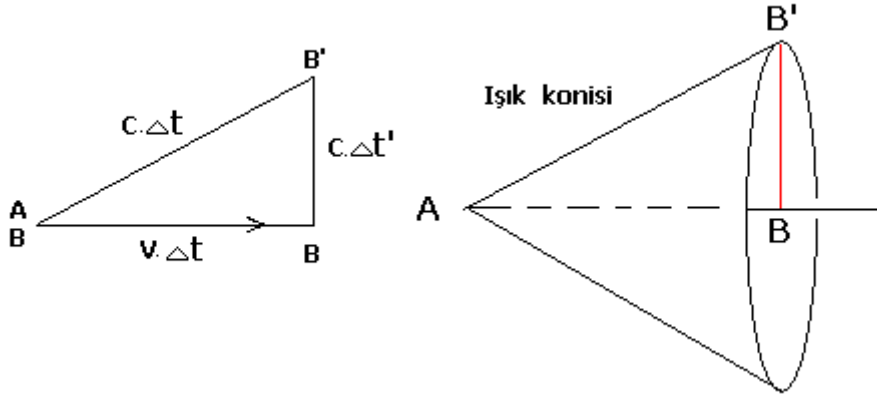
Uzam-zaman konisi içinde kalan olaylar görelidir. Bu durumu daha iyi anlayabilmek için "eylemsiz" (birbirlerine göre sabit hızla hareket eden) gözlem çerçevelerine bakalım. Eğer bulunduğumuz odada hareket eden hiçbir nesne yoksa bu odanın hareketsiz mi olduğu, yoksa sabit hızla hareket halinde mi olduğu bilinemez. "Bilinemez" derken, yapacağınız hiçbir deney bu farkı saptayamaz. Şu halde sabit v hızıyla hareket halinde olan bir gözlem çerçevesi duran gözlem çerçevesinden ayırt edilemez. İkisi eşdeğerdir. Tek bir gözlem çerçevesi hareketi de saptayamaz, çünkü neye ve kime göre hareket ettiğini bilmesi gerekir.

Bu tanım aslında **Newton**'un birinci yasasından farklı bir şey değildir. Çünkü Newton'un birinci yasasına göre: "**Bir cisme dış kuvvet etki etmezse o cisim ya sabit yerinde kalır ($v = 0$), veya sabit hızla hareket eder ($v = \text{sabit}$).**" Şu halde, Newton ve Einstein yorumu bu noktada eşdeğerdir.

Görelilik Kuramı ve Zaman Genleşmesi

Görelilik kuramına göre her gözleyenin kendi zamanı ve kendi uzamı vardır. Uzam, uzunluk ölçümü olarak anlaşılmalıdır. A ve B ile isimlendireceğimiz iki

gözlemci olsun. Başlangıçta her ikisi aynı noktada bulunsun. Işık hızı her iki gözlemci için eşit olup c olarak tanımlanır.



Bu gözlemcilerden A yerinde kalırken B, sabit v hızıyla hareket etmeye başlasın. Bir süre sonra B gözlemci $x = v \cdot \Delta t$ kadar yol almış olur. B gözlemci A gözlemciden ayrıldığı anda bir ışık demeti de birlikte hareket etmiş olsun. B gözlemciye göre ışık c hızı ile hareket ettiğinden demet kendinden $c \cdot \Delta t'$ kadar uzaktadır. Aynı ışık konisi A sabit gözlemci için ise $c \cdot \Delta t$ kadar yol almış olur. Işık her iki gözlemciye göre aynı B' noktasındadır. Şu halde:

$$(v \cdot \Delta t)^2 + (c \cdot \Delta t')^2 = (c \cdot \Delta t)^2 \text{ denkleminde } (1 - v^2/c^2) \Delta t^2 = \Delta t'^2$$

$$\Delta t^2 = \Delta t'^2 / (1 - v^2/c^2)^2 \text{ veya } \Delta t = \Delta t' / (1 - v^2/c^2)^{1/2} \text{ elde edilir.}$$

Bunun anlamı duran gözlemcide zaman aralığının hareketli gözlemciye göre daha büyük oluşudur. Çünkü sağ tarafın paydası daima 1 den küçük olduğundan $\Delta t > \Delta t'$ olur. Zaman genişmesi ise zaman aralıklarının daha yavaş akması anlamında anlaşılırsa hareketli gözlemcinin zamanı daha yavaş akar. Örneğin duran gözlemci için 1 saat hareketli gözlemci için 40 dakika olabilir. Şu halde duran gözlemciye göre hareketli gözlemci daha yavaş yaşlanır.

Görelilik Kuramı ve Uzam Kısılması

Duran gözlemcinin uzam ölçümü ile hareketli gözlemcinin uzam ölçümü de farklıdır. Duran gözlemciye göre zaman genişlerken uzam daralır. Daha önce elde edilmiş olan formüle göre:

$$(v \cdot \Delta t)^2 + (c \cdot \Delta t')^2 = (c \cdot \Delta t)^2 \text{ veya } (v/c)^2 \cdot \Delta t^2 + \Delta t'^2 = \Delta t^2$$

Denkleminde $v \cdot \Delta t = \Delta x$ ve $v \cdot \Delta t' = \Delta x'$ konursa:

$$\Delta x^2/c^2 + \Delta t'^2 = \Delta t^2 \text{ ve her iki taraf } v^2 \text{ ile çarpılırsa,}$$

$$(1 - v^2/c^2) \Delta x^2 = \Delta x'^2 \text{ veya } \Delta x = \Delta x' / (1 - v^2/c^2)^{1/2} \text{ elde edilir.}$$

Bu son denkleme **Lorentz daralması** adı verilmiştir. Henrik Lorentz (1853-1928) bu denklemi 1904 yılında, Einstein'ın Özel Görelilik kuramından bir yıl önce yayınlamıştır. Onun yaklaşımı Michelson-Morley deneyinin sonuçlarını açıklamak

amacını güdüyordu. 1905 yılında Einstein aynı denklemi ışığın sabit hızla yayıldığı hipotezinden hareketle elde etmiştir.

Örnek olarak $v = c/2$ olsun. $c=1$ olduğuna göre $v^2/c^2 = 1/4$ olur.

$\Delta x = \Delta x' / (1 - v^2/c^2)^{1/2} = \Delta x' / (3/4)^{1/2} = 2 \cdot \Delta x' / \sqrt{3} = 1.154 \Delta x'$ bulunur.

$\Delta x = 1$ km alınırsa $\Delta x' = 1154$ m olur.

Bunun anlamı duran çerçeveden ölçülen uzam hareketli çerçeveden ölçülene göre daha kısadır. Aynı sonucu George Fitzgerald da bağımsız olarak bulduğundan uzam ilişkisi **Lorentz-Fitzgerald kontraksyonu** olarak da bilinir.