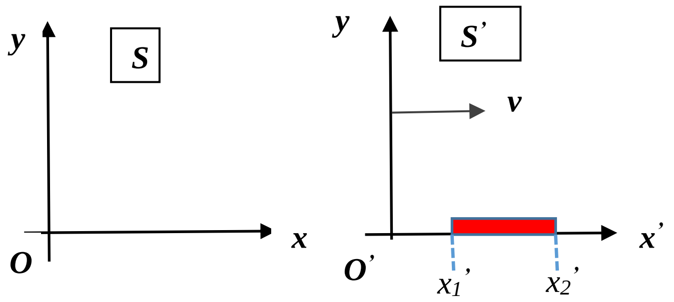
BÖLÜM-II: RELATİVİSTİK KİNEMATİK

1. Giriş

Bu bölümde göreli kinematiğin temellerini göreceğiz.

Has çerçeve; gözlenen cismin gözlemciye göre durgun olduğu çerçevedir. Has çerçevedeki cismin boyu *has uzunluk* olarak adlandırılır. *Has zaman aralığı* ise, gözlenen cisme takılmış bir saatin kaydettiği zaman aralığıdır.

2. Uzunluk Büzülmesi



S' gözlem çerçevesinde, bu çerçevedeki bir gözlemciye göre, bir çubuk durgun olarak x' ekseni boyunca uzanmış olsun. Çubuğun uç noktaları x_2' ve x_1' olarak ölçülmüş olsun. Bu nedenle çubuğun durgun uzunluğu (has uzunluğu) $x_2' - x_1'$ olur. Gözlemciye göre çubuğun v hızıyla hareket ettiği S gözlem çerçevesindeki bir gözlemci çubuğun boyunu ne ölçer?

Lorentz dönüşümleri kullanılarak;

$$x' = \gamma(x - vt) = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}(x - vt)$$

$$x_2' = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}(x_2 - vt_2) \qquad x_1' = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}(x_1 - vt_1)$$

$$x_2^{'} - x_1^{'} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}\left[(x_2 - x_1) - v\underbrace{(t_2 - t_1)}\right]$$

S gözlem çerçevesinde çubuğun iki ucunu aynı anda ölçmeliyiz, $t_2=t_1$ olmalı. Bu nedenle bu kısım sıfır verir.

⇨ $x_2^{'} - x_1^{'} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}(x_2 - x_1)$

$L_0 = x_2^{'} - x_1^{'}$

$L = x_2 - x_1$

L_0 : Has uzunluk

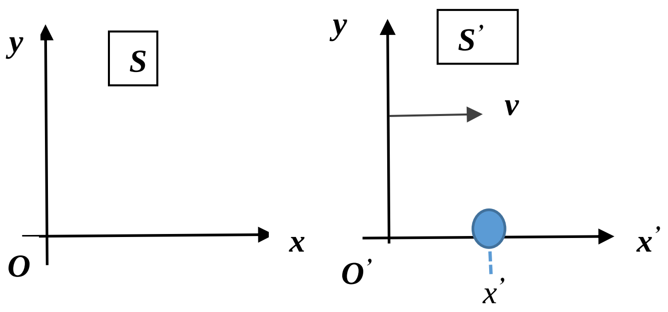
⇨ $\boxed{L_0\sqrt{1-\beta^2} = L \quad \Rightarrow L = \frac{L_0}{\gamma}}$

Has uzunluk, bir cismin ölçülen en büyük uzunluğudur. Gözlemciye göre cismin hareketli olduğu bir çerçevede ölçülen uzunluk daima has uzunluktan kısadır. Buna ***uzunluk büzülmesi*** denir. Hareket yönüne dik olan bileşenler etkilenmez.

Uzunluk büzülmesini doğrudan ölçebilmek için makroskobik bir cismi ışık hızına yakın hızlara kadar hızlandırmak mümkün değildir. Uzunluk büzülmesi etkisi akım geçiren bir teldeki çizgisel yük yoğunluğunda görülebilir.

3. Zaman Genişlemesi

$S^{'}$ çerçevesinde bir $x^{'}$ konumunda bir saat durgun olsun (tüm zamanlarda bu saat $x^{'}$ konumunda). Bir olay bu saatin birim zaman aralığı olsun, yani bu saatin iki "tık" ı arasında geçen zaman olsun.



$$t_1^{'} = t^{'} \quad , \quad t_2^{'} = t^{'} + 1 \quad \Rightarrow \quad t_2^{'} - t_1^{'} = 1\,br$$

⇨ S deki gözlemci için;

$$t_1 = \gamma\left(t_1^{'} + \frac{v}{c^2}x_1^{'}\right) \quad , \quad t_2 = \gamma\left(t_2^{'} + \frac{v}{c^2}x_2^{'}\right)$$

şeklindedir. Burada $x^{'} = x_1^{'} = x_2^{'}$ olduğu dikkate alınırsa;

$$t_2 - t_1 = \gamma\underbrace{\left(t_2^{'} - t_1^{'}\right)}_{1\ br} + \frac{v}{c^2}\underbrace{\left(x_2^{'} - x_1^{'}\right)}_{=0}$$

$t_2 - t_1 = \gamma\,(1)$ ➔ 1 br den daha büyük! Bu ifadeyi birim zaman aralığından, herhangi bir $t_2^{'} - t_1^{'}$ zaman aralığına genişletirsek;

$$t_2 - t_1 = \gamma\left(t_2^{'} - t_1^{'}\right) = \frac{\left(t_2^{'} - t_1^{'}\right)}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad T_0 = t_2^{'} - t_1^{'} \quad , \quad T = t_2 - t_1$$

$$T = \gamma T_0$$

S gözlem çerçevesindeki gözlemciye göre hareketli olan saatin ölçtüğü zaman aralığı artmıştır (genişlemiştir). Başka bir deyişle bu saat yavaşlamıştır. Burada T_0 has zaman aralığını göstermektedir. Has zaman aralığı ölçülen en kısa zaman aralığıdır.

- ⇨ Zaman genişlemesi etkisinin deneysel kanıtı müon yaşam süresidir. Müonun has çerçevesinde (müonun üzerine takılmış bir saatin ölçtüğü) yaşam süresi $T_0=2{,}2\ \mu s$' dir. Müonların ışık hızına yakın hareket ettiklerinden yola çıkarak, yere ulaşana kadar aldıkları yol yaklaşık olarak $d \approx c\,T_0 = 3\times10^8\,(2{,}2\times10^{-6}) = 660\ m$ olarak elde edilir. Bu mesafe oldukça kısadır, ancak müonlar laboratuvarda gözlenebilmektedir. Bu ikileme çözüm zaman genişlemesidir. Yerdeki (laboratuvardaki) gözlemciye göre müonlar hareketlidir. Yerdeki gözlemci müon yaşam süresini $T=\gamma\,T_0$ olarak ölçer. Müonların hızı $v = 0{,}99c$ alınırsa $\gamma = 7{,}1$ olur ve zaman genişlemesinden dolayı $T=\gamma\,T_0 = 7{,}1(2{,}2)\ \mu s \approx 16\ \mu s$ olarak ölçülür. Bu durumda $d \approx 4800$ m olarak bulunur. Bu uzaklık makul bir değerdedir.