

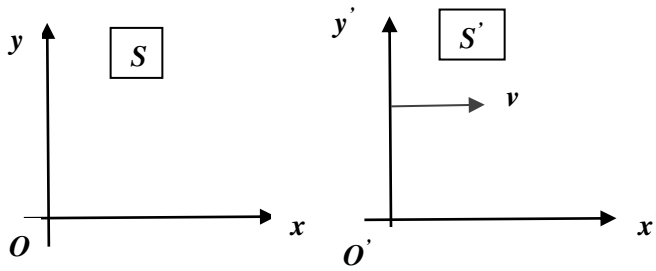
BÖLÜM-I: ÖZEL GÖRELİLİĞİN TEMELLERİ

4. Einstein Görelilik İlkesi

Özel görelilik teorisinin tamamı, Einstein'ın şu iki görelilik varsayımına dayanarak doğrudan çıkarılmıştır:

- I. **Görelilik İlkesi:** Tüm fizik yasaları, tüm ERÇ'lerde aynıdır. Klasik mekanik yasaları gibi elektromanyetizma ve optik yasaları da tüm ERÇ'lerde değişmezdir. (Tercihli bir ERÇ yoktur).
- II. **Işık Hızının Sabitliği İlkesi:** Işığın boşluktaki hızı sabittir ve bu değer tüm ERÇ'lerde aynıdır. Bu değer ışık kaynağının ve gözlemcinin hareketinden bağımsızdır.

5. Lorentz Dönüşümleri



Amaç: Bir gözlem çerçevesindeki koordinatları ve zamanı, başka bir gözlem çerçevesine bağlayan, görelilik varsayımlarına uygun dönüşümleri elde etmek.

- ⇒ S ve S' gözlem çerçevelerinin eksenleri paralel. S' çerçevesi S çerçevesine göre $+x'$ yönünde sabit v hızı ile ilerliyor.
- ⇒ $t=t'=0$ anında O ve O' çakışık.
- ⇒ x' ve t' hem x hem de t nin bir fonksiyonu olmalı. Dönüşümler çizgisel olmalı.
- ⇒ Dönüşümleri elde ederken çıkış noktamız Einstein görelilik varsayımları ve uzay ve zamanda homojenlik.
- ⇒ Hareket doğrultusuna dik bileşenler etkilenmeyecek.

$$\text{Lorentz dönüşüm faktörü} : \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta = \frac{v}{c}$$

**Lorentz
Dönüşümleri**

$$\begin{aligned} x' &= \gamma(x - vt) \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right) \end{aligned}$$

Daha kompakt bir formda Lorentz dönüşümleri

$$x' = \gamma(x - \beta ct)$$

$$ct' = \gamma(ct - \beta x)$$

Çizelge 1. Çeşitli hız değerleri için Lorentz faktörü değerleri

v	γ
0,01 c	1,00005
0,1 c	1,005
0,3 c	1,05
0,5 c	1,15
0,7 c	1,40
0,9 c	2,29
0,95 c	3,20
0,999 c	22
0,99999 c	224
0,99999988 c	2050
0,99999999 c	7100

- Lorentz faktörü γ 'nın kayda değer bir fark yaratabilmesi için hızın, ışık hızına çok çok yakın değerlerde olması gerektiği Çizelge 1' den görülmektedir.
- Elde edilen bu yeni dönüşümlerin düşük hız ($v \ll c$ için) limitinde Galileo dönüşümlerini vermesi gerekir.

$$v \ll c \Rightarrow \frac{v}{c} \rightarrow 0 \quad \text{limitinde Lorentz dönüşümleri} \rightarrow \text{Galileo dönüşümlerine indirgenir.}$$

$$\gamma \rightarrow 1$$

Lorentz Dönüşümlerinin Özellikleri:

I. *Eş zamanlılığın göreliliği:* Bir S gözlem çerçevesinde aynı t anında gerçekleşen iki olay, S' gözlem çerçevesinde aynı t' anında gerçekleşmeyebilir.

II. *x ve ct arasındaki simetri:*

$$x' = \gamma(x - \beta ct)$$

$$ct' = \gamma(ct - \beta x)$$

III. *Newtonyen limit:* $\frac{v}{c} \rightarrow 0 \quad \gamma = 1 \Rightarrow x' = x - vt$ Lorentz dönüşümleri Galileo

$$t' = t$$

dönüşümlerine indirgenir.

IV. *Fark ve Diferansiyel Versiyonlar:*

$$\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t)$$

$$\Delta y' = \Delta y$$

$$\Delta z' = \Delta z$$

$$\Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{v}{c^2}\Delta x\right)$$

$$dx' = \gamma(dx - vdt)$$

$$dy' = \Delta y$$

$$dz' = dz$$

$$dt' = \gamma\left(dt - \frac{v}{c^2}dx\right)$$

V. *Karesi alınmış aralık:*

$$\Delta s^2 = \Delta s'^2$$

$$c^2\Delta t'^2 - \Delta x'^2 - \Delta y'^2 - \Delta z'^2 = c^2\Delta t^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2$$

$\Delta s^2 \Rightarrow$ Lorentz değişmez (invariant) bir nicelik.

VI. *Lorentz faktörü:*

$$v \neq 0 \Rightarrow \gamma > 1$$

Sıklıkla kullanılan bazı özellikler:

$$\gamma v = c(\gamma^2 - 1)^{1/2}$$

$$c^2 d\gamma = \gamma^3 v dv = \gamma^3 \vec{v} \cdot d\vec{v}$$

$$d(\gamma v) = \gamma^3 dv$$

VII. *Ters Lorentz dönüşümleri:*

Lorentz dönüşümlerinde v yerine $-v$ yazılarak ters dönüşümler elde edilir.

$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

$$t = \gamma\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right)$$