

## BÖLÜM-I: ÖZEL GÖRELİLİĞİN TEMELLERİ

1. Giriş
2. Eylemsiz Gözlem Çerçevesi
3. Işık Hızı
4. Einstein Görelilik İlkesi
5. Lorentz Dönüşümleri
6. Lorentz Dönüşümlerinin Grafikselsel Gösterilmesi
7. Kalibrasyon Hiperbolleri

### 1. Giriş

Bir teoninin göreliliği, o teoninin yasalarının değişmez (invariant) kaldığı dönüşümler ile açıklanır. Bu dönüşümler, bir gözlemciye ait verilerden diğer bir gözlemcinin verilerini elde etmeye yarayan bir dizi formülden oluşur.

Albert Einstein' ın Özel Görelilik (1905) ve Genel Görelilik (1916) teorileri, Newton' un mutlak uzay ve mutlak zaman kavramlarının “bütünleşmiş” bir “uzayzaman” kavramı ile yer değiştirdiği fizik teorileridir.

### 2. Eylemsiz Gözlem Çerçevesi

Tüm fizik yasaları bir gözlem (referans) çerçevesine göre tanımlanır. Bu çerçevesel konum, hız, elektrik alan vb. fiziksel niceliklerin tanımlanmasına olanak verir.

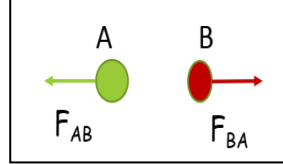
**Olay:** Uzayda bir noktada ve zamanda bir anda olur. Örneđin, kararsız bir parçacığın bozunması, iki parçacığın çarpışması, bir ışık sinyalinin gönderilmesi. Bir gözlem çerçevesi tanımlamak için ilk olarak bir referans noktası yani bir başlangıç noktası (orijin) tanımlanmalıdır. Bu başlangıç noktasına göre belli bir cismin belli bir zaman için konumu belirlenebilir.

➤ Gözlem (referans) çerçevesi → Orijin + koordinatlar + zaman ölçen bir araç (saat)

- Eylemsiz referans çerçevesinin tanımını yapmadan kısaca Newton' un Hareket Yasalarını hatırlayalım:
- 1. **Yasa: Eylemsizlik Yasası:** Bir cismin üzerine etkiyen net kuvvet sıfır ise ( $\vec{F}_{net} = \sum \vec{F} = 0$ ) ise cisim sabit hızlı hareketini sürdürür (durmak da sabit bir hız olarak alınmıştır).  $\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0$

- II. **Yasa: Dinamiğin Temel Yasası:** Bir cismin üzerine etkiyen net bir dış kuvvet varsa, cisim net kuvvet yönünde ivmelenir  $\rightarrow \sum \vec{F} = m\vec{a} \rightarrow$  Bu yasa kuvvet ile hareket arasındaki temel ilişkidir.
- III. **Yasa: Etki-Tepki Yasası:** Birbiri ile etkileşen iki cisimden, birinin diğerine uyguladığı kuvvet, diğerinin o cisim üzerine uyguladığı kuvvetle aynı büyüklükte fakat zıt yönlüdür.

$$\rightarrow \vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$



- $\rightarrow$  **Eylemsizlik:** Bir hareketlinin hızındaki değişime karşı koymasına denir. Newton' un I. Yasasına uyan referans sistemlerine **eylemsiz referans sistemi (ERÇ)** denir. Eylemsiz referans sistemi ivmesiz referans sistemidir.
- $\rightarrow$  **Tercihli bir eylemsiz referans sistemi yoktur ..!** Eğer bir eylemsiz referans sistemi varsa, ona göre sabit hızla giden her sistem de bir eylemsiz referans sistemidir.
- $\rightarrow$  Buna göre bir cismin mutlak olarak durgun olduğundan değil, belli bir ERÇ' ye göre durgun olduğundan bahsedilebilir.



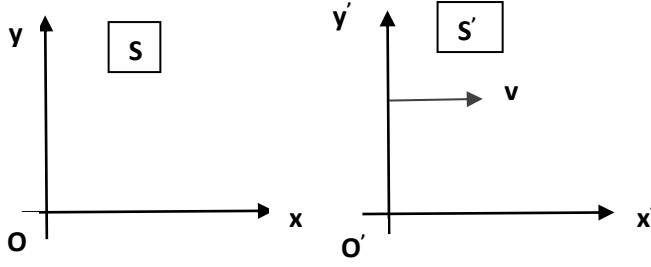
**Galileo Göreliliği:** Klasik mekanik yasaları tüm ERÇ' lerde aynıdır.

$\Rightarrow$  **Özel görelilik teorisi,** eylemsiz referans çerçevelerindeki gözlemciler tarafından gözlenen olayları tanımlar.

### 3. Işık Hızı:

Galileo görelilik ilkesi elektrodinamik için de geçerli midir?

19 yy sonu 20 yy başlarında ışığın boşlukta yayılabileceği fikri kabul görmüyordu. Diğer dalgalar gibi elektromanyetik dalgalarında yayılması için bir ortamın olduğu düşünülüyordu. Bu ortama ether (esir) adı verilmişti. Basitlik olması bakımından "ether çerçevesi" ışığın hızının tam olarak  $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0} \cong 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  olarak ölçüldüğü bir ERÇ olarak düşünülebilir.

**Galileo Dönüşümleri:**

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Bu çerçeveye göre sabit bir  $v$  hızıyla hareket eden başka bir ERÇ' de bir gözlemci ışık hızını, Galileo dönüşümlerine göre, iki çerçevenin bağıl hareketine bağlı olarak  $c+v$ ' den  $c-v$ ' ye kadar ölçebilir. Buna göre ışık hızı Galileo dönüşümleri altında invaryant değil!

Ayrıca Maxwell denklemleri de Galileo dönüşümleri altında korunmaz.

Maxwell denklemleri:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad \text{Gauss Yasası}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{Faraday Yasası}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad \text{Manyetik tek yük yok}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{Ampere-Maxwell Yasası}$$

→ Buna göre ışığın tam olarak  $c$  hızıyla yayıldığı ve Maxwell denklemlerinin geçerli olduğu tek bir “ayrıcalıklı” ERÇ var olmalı. Klasik elektrodinamik için tercihli bir ERÇ var gibi görünüyor. Bu sorunun çözümü için hem klasik mekanik hem de klasik elektrodinamik için geçerli olan yeni bir **görelilik ilkesi** olmalıdır. Buna göre Galileo dönüşümleri yeniden formüle edilmelidir, Newtonyen mekanik daha genel bir teorinin “*düşük hızlar için bir limiti*” olmalıdır. Bu görelilik ilkesi “**Einstein Görelilik İlkesi**” dir.

→ Mekaniğin 4 uğraş alanı şu şekilde özetlenebilir:

	Küçük boyutlar (atom ve atom altı ölçek)	
Yüksek hızlar ( $c$ ' ye yakın)	→	
	Klasik Mekanik	Kuantum Mekaniği
	Görelî Mekanik	Kuantum Alan Teorisi