

"Fizik biliminin en önemli temel kanunları ve gerçekleri keşfedildi. Bundan sonra çok fazla değişiklik olmaz."

Albert Abraham Michelson, 1894

"Fizikte artık keşfedecek bir şey kalmadı. Yapılabilecek tek şey giderek daha netleşen ölçümler almak."

Lord Kelvin, 1900

Modern Fiziğin Doğuşu

Klasik fizik (Newton Fiziği) deyince 1900 yılından önce geliştirilen teoriler, kavramlar, kanunlar, **klasik mekanik**, **termodinamik** ve **elektromanyetizma** anlaşılır.

Modern fizik ise 19. yüzyılın sonlarına doğru klasik fiziğin açıklamakta eksik kaldığı fiziksel olayları açıklayan yeni teorileri kapsayan fizikte yeni bir dönemi başlattı. 1887 yılında Heinrich Hertz, fotoelektrik olayı gözlemledi. 1895 yılında Röntgen, X-ışınlarını keşfetti. 1905 yılında Albert Einstein Özel Görelilik Teorisi'ni ortaya koydu. 1900 ile 1930 yılları arasında Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg ve diğer bilim insanları Kuantum Kuramı ile ilgili gelişmelere katkıda bulundular. **Modern fiziğin en önemli iki teorisi Kuantum Mekanığı ve Görelilik Teorileri'dir.** Klasik fizik ile modern fizik arasındaki en önemli fark, modern fiziğin enerjinin kesikli oluşumunu (kuanta) ve parçacıkların dalga özelliğini dikkate almasıdır.

Dikkat: Modern fizik, klasik fiziği yanlışlamamış ve klasik fiziğin yerini almamıştır. Sadece eksikliklerini gidermeye çalışmıştır.

Modern fizik ile klasik fiziğin açıklamaya çalıştığı olaylar birbirinden çok farklıdır.

Klasik fizik görece kütlesi büyük, hızı küçük cisimlerin birbiriyle etkileşimlerini büyük bir doğruluk payı ile açıklayabilirken, atom altı parçacıkların davranışlarını ve ışık hızına yakın yüksek hızlarda hareket eden cisimlerin hareketlerini açıklamakta yetersiz kalmıştır. Bu durum modern fiziğin gelişmesine yol açmıştır.

20. yüzyılın başlarında ileri sürülen özel relativite ve kuantum teorisi bugüne kadar yapılan varsayımların yeniden gözden geçirilmesine hatta yeni varsayımlara ihtiyaç olduğunu ortaya koymuştur. **Özel relativite ve kuantum kuramları bu yüzden modern fiziğin doğuşu olarak kabul edilmektedir.**

Eylemsiz Referans Sistemi

Hareket, seçilen bir noktaya göre tanımlanır. Bu noktaya referans noktası veya referans sistemi denir. Bir cismin hareketi, seçilen farklı referans sistemlerine göre farklı şekilde gözlemlenebilir. Buna hareketin göreceliği denir.

Eylemsiz referans sistemi, Newtonun birinci hareket yasasının geçerli olduğu bir sistemdir. Yani net kuvvetin sıfır olduğu durumlarda cismin durduğu ya da sabit hızla hareket ettiği sistemdir.

Bir eylemsizlik referans sistemine göre sabit hızla hareket eden her referans sistemi de bir eylemsizlik referans sistemidir. Yani sabit hızla giden bir otobüs durakta bekleyen yolculara göre eylemsiz referans sistemi iken, aynı zamanda başka bir sabit hızla giden otomobile göre de eylemsizreferans sistemidir.

Dünya evrendeki hareketinden dolayı eylemsiz referans sistemi olmamasına rağmen eylemsiz referans sistemi olarak kabul edilebilir.

Klasik fizikte, eylemsiz referans sisteminin hareketine bağlı olarak değişmeyen büyüklükler vardır. Bu tür büyüklüklere mutlak büyüklükler denir. **Kütle ve zaman klasik fiziğe göre mutlak büyüklüklerdir.**

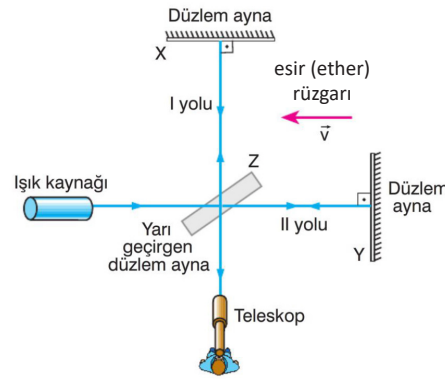
Michelson - Morley Deneyi (Esir var mı?)

Maxwell, ışığın elektromagnetik teorisini kurmuş ve denklemleriyle ışıkla ilgili birçok olayı açıklayabilmiştir. Her dalga, titreşen bir nesnenin oluşturduğu titreşimlerin esnek bir maddesel ortamda yayılması ile oluşur. Oysa ışık dalgaları boşlukta da yayılmaktadır. **Öyleyse ışık dalgasının yayılmasını sağlayan ve boşluğu dolduran esir (ether) adı verilen bir nesne var olmalıdır.**

Gök cisimleri esir içinde hareket etmeleri gerekir. Eğer esir varsa, gök cisimlerinin esir içinde hareket etmeleri gerekir. Peki dünyamız esirde hangi hızla hareket etmektedir? Eğer esirin varolduğu kanıtlanabilirse, fizik yasalarının doğru biçimde tanımlanabileceği **eylemsiz gözlem çerçevesi** bulunmuş olacaktır.

Dünya esir içinde hareket ediyorsa, esir de dünyaya göre ters yönde hareket ediyor demektir. Yani dünya esir denizi içinde yüzmektedir. Bu durumda ışığı dört bir yöne gönderirsek (esir akıntısı ile aynı doğrultu ve esire dik doğrultu) ışık hızı esirden etkilenmelidir.

Michelson ve Morley, Dünya'nın esire göre hızının, ışık hızına etkisini ölçmek için interferometre adı verilen deney düzeneğini tasarladılar. Amaçları evreni doldurduğu düşünülen esir maddesinin varlığını ispat etmek ve mutlak bir referans sisteminin varlığını test etmek amacı ile yapılmıştır.



Bu deneyde ne olması bekleniyor?

- ▶ Tek renkli ışık kaynağından çıkan ışınlar, birbirine dik olan eşit uzaklıktaki yolları takip eden iki ışık demetine ayrılır.
- ▶ Düzlem aynalardan yansıyarak geri dönen ışınlar, birleştiklerinde bir girişim deseni oluşturur.
- ▶ Eğer ışık demetlerinin hızları farklı olursa, gidiş - dönüş süreleri farklı olur ve girişim deseninde kayma meydana gelmesi beklenir.
- ▶ Düzeneğe 90 derece döndürülerek ışık demetlerinin takip ettiği doğrultuların birbirinin yerini alması sağlanırsa girişim desnin de kayma olması beklenir.

Michelson - Morley, yılın bütün mevsimlerinde yaptıkları uzun süreli ölçümlerde, hiç bir saçak kayması gözleyemediler.

Deney sonucunda aşağıdaki bilgilere ulaşıldı.

- ▶ Esirin olmadığını kanıtlamıştır. Böylece mutlak bir referans sisteminin olmadığı ispatlanmıştır. (Deneyden beklenenin tersi)
- ▶ Işık hızının referans sisteminin hareketinden bağımsız olduğu kanıtlanmıştır.
- ▶ Tüm eylemsiz referans sistemlerinde ışık hızı sabit ve c dir.

Esir maddesinin ve eylemsiz referans sisteminin olduğunu düşünerek deney yapmışlar ama olmadığını kanıtlamışlardır.

EINSTEIN'IN ÖZEL GÖRELİLİK TEORİSİ

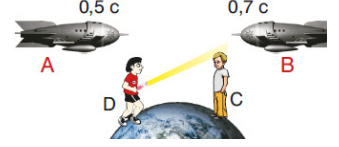
Michelson - Morley deneyinden çıkan sonucu değerlendiren Albert Einstein, ışık hızının tüm gözlemciler tarafından aynı değerde ölçüleceği sonucunu çıkarmıştır. Bu özel görelilik teoreminin ikinci kabulünün oluşturulmuştur.

Birinci Kabul (Görelilik İlkesi)

Fizik yasaları tüm eylemsiz referans sistemleri içinde aynıdır.

İkinci Kabul (Işık hızı sabittir)

Işık hızı, eylemsiz referans sisteminde, ışık kaynağının ve gözlemcinin hareketlerinden bağımsız olarak sabittir.

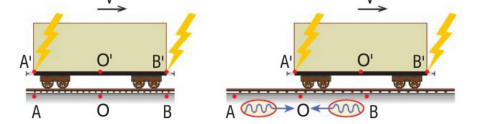


Dünya üzerindeki D gözlemcisi elindeki ışık kaynağı ile uzaya bir ışık demeti gönderdiğinde diğer tüm gözlemciler hızları ne olursa olsun bu ışığın hızını c olarak ölçerler.

Eş Zamanlılık

Bir referans sistemindeki gözlemciye göre, herhangi iki olayın aynı anda gerçekleşmesine eş zamanlılık denir.

Einstein'ın Yıldırım Düşen Tren Deneyi



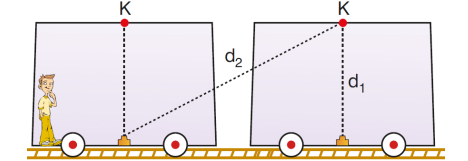
Einstein bir düşünce deneyinde yere göre ışık hızına yakın bir sabit hızla hareket eden trenin A' ve B' noktalarına aynı anda yıldırım düşüğünü varsaydı. Bu durumda tam ortadaki O noktasında bulunan gözlemci yıldırımların aynı anda düştüğünü söyleyecektir. Yani yıldırımlar eş zamanlı düşmüştür. Fakat O' noktasında bulunan gözlemci ise yıldırımın önce B' noktasına sonra da A' noktasına düştüğünü söyleyecektir. Yani yıldırımlar eş zamanlı düşmemiştir.

Einstein bu düşünce deneyi ile şu sonucu vardı: Eş zamanlılık mutlak değildir. Bir referans sistemine göre eş zamanlı olan iki olay başka bir referans sistemine göre eş zamanlı olmayabilir. Bu durum referans sistemlerinin birbirlerine göre olan bağıl hareketlerinden kaynaklanabilir.

Özel Göreliliğin Etkileri

1 - Zaman Genişlemesi

Einstein bir başka düşünce deneyinde ışık hızına yakın v hızıyla hareket eden bir trenin zeminindeki ışık kaynağından, düşey yukarıda bulunan bir aynaya ışık gönderildiğini düşündü. Işık aynada yansıyarak tekrar kaynağa ulaştığında, trendeki ve yerdeki gözlemcilere göre farklı yollar almış olacağını kabul etti.



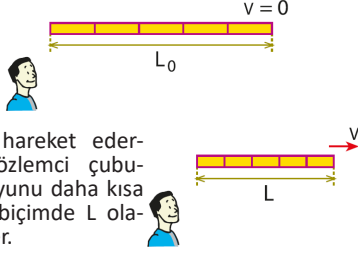
Her iki gözlemci için ışık hızı aynıdır. Fakat ışığın aldığı yollar farklı olduğuna göre iki gözlemcinin saatleri olayın süresini farklı ölçecektir. Dışarıdaki gözlemciye göre olay daha uzun sürmüştür. Buna **zaman genişlemesi** denir.

Eş zamanlılık yoktur, zaman mutlak değildir.

2 - Uzunluk Büzülmesi

İzafiyyet teorisinin bir diğer sonucu da uzunluk büzülmesidir. Diğer bir ifadeyle, iki farklı gözlemci iki nokta arasındaki uzaklığı farklı ölçer.

Bir gözlemci, kendisine göre durgun haldeki çubuğun boyunu L_0 olarak ölçsün. Bu uzunluğa öz uzunluk denir.

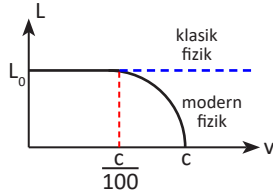


Çubuk hareket ederken, gözlemci çubuğun boyunu daha kısa olacak biçimde L olarak ölçer.

Boydaki kısalma düşük hızlarda önemsenmeyecek kadar küçük olup, ciddi oranlarda kısaltmalar ancak ışık hızına yakın hızlara erişildiğinde meydana gelir. Örneğin, ses hızında yol alan bir roketin boyu ancak iki trilyonda bir oranında azalır.

Eğer roket ışık hızının %87'si kadarlık bir hıza ulaşırsa (bu hız değerine ulaşmak bugünkü teknoloji ile imkansızdır) roketin boyu yarıya düşecektir.

Klasik fiziğe göre çubuğun boyu hızına bağlı değildir. Modern fiziğe göre çubuğun boyu hızına bağlıdır.



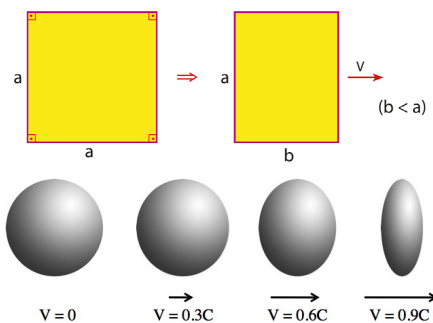
Düşük hızlarda klasik fizik ile modern fizik uyumaktadır.

Bir roket ışık hızına yakın bir hızla hareket ederken roket içindeki her şey roketle aynı oranda kısalacağından roket içindeki gözlemci bu kısaltmayı fark edemez.

Bir düşünce deneyi

Öz uzunluğu 1 m olan yılan ışık hızına yakın bir hızla hareket etmektedir. Bir çocuk yılanı yakalamak için öz uzunluğu 1 m olan bir kutuyu tutmaktadır. Yılan kutuya baktığında kutunun kendisine doğru ışık hızına yakın bir hızla geldiğini ve boyunun 1 m den kısa olduğunu görür. Öyleyse yılan kutuya sığmayacaktır. Çocuk ise yılanın kendisine doğru ışık hızına yakın bir hızla geldiğini ve boyunun 1 m den kısa olduğunu görür. Öyleyse yılan kutuya rahatlıkla sığacaktır. Peki sonuç nedir?

Buradaki durum bir çelişki gibi görünmesine karşın aslında çelişki değildir. Yani her iki gözlemcinin gözlemlediği uzunluk değerleri de doğrudur. Bu nedenle, "Hangisi daha kısadır?" sorusunun herkes için geçerli tek bir cevabı yoktur. Soruyu sorarken kısalığın hangi gözlemciye göre olduğunun da ifade edilmesi gerekir. Uzunluk büzülmesi ile ilgili dikkat edilmesi gereken çok önemli bir nokta da şudur: Hareket eden cismin boyutlarındaki kısalma sadece hızına paralel doğrultuda olur. Cismin hızına dik doğrultudaki uzunluklarda herhangi bir değişim olmaz.



KUANTUM FİZİĞİ

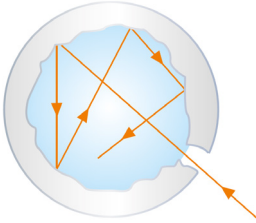
Newton mekaniği atom ve atom altı parçacıkların davranışlarını açıklamakta yetersiz kalınca yeni bir fizik dalı ortaya çıktı. Bu fizik dalına Kuantum Fiziği adı verildi. Kuantum fiziği yaşadığımız dünyada atomik ve atom altı boyutlarda (yaklaşık 10^{-6} m ve daha küçük) maddi evrende gerçekleşen olayları yöneten doğa yasalarını inceleyen bilim dalıdır. Kuantum Teorisi'nin temel fikirleri Max Planck tarafından ortaya konuldu. Daha sonra Einstein, Bohr, Heisenberg, Max Born (Born) ve Poul Dirac gibi çok sayıda fizikçi, Kuantum Teorisi'nin gelişimine katkıda bulundu.

Bu teoriye göre mikro evren dinamiklidir. Bütün tanecikler "Schrödinger Dalga Denklemi" ne uygun hareket eder. Mikro evrende hareket mutlaka sınırlandırılmıştır. Mikro evrende fiziksel nicelikler süreksizdir (Kuantizasyon ilkesi). Mikro evrende bütün tanecikler eş zamanlı olarak dalga karakteri taşıırken dalgaların da eş zamanlı olarak tanecik karakteri vardır (De Broglie ilkesi). Mikro evrende "determinizm" yoktur, "olasılıklar" vardır. Mikro evrende ölçülen nicelikler üzerinde "belirsizlikler" vardır (Heisenberg Belirsizlik İlkesi). Kuantum fiziksel ilkelerden klasik fizik ilkelerine ulaşılabilir (Tümevarım ilkesi).

Kara Cisim Işıması

Herhangi bir sıcaklığa sahip bir cisim ısı (termal) ışıma denilen ışıma yapar. Bu ışıma cismin sıcaklığı düşük ise gözle gözlenmez. Bunun nedeni ışmanın kızılaltı bölgede olmasındandır. Cismin sıcaklığı yükseldikçe yayılan ışmanın rengi önce kırmızı olur, sonra mor ötesine doğru kayar.

Siyah cisim üzerine düşen bütün ışımaları yutan bir ideal sistemdir. Şekil'de görülen içi boş bir cisim üzerindeki delik, siyah cisim için iyi bir örnektir. Delikten oyuğa giren ışık sürekli yansımalar sonucunda tüm enerjisini kaybeder. Cisim, duvarlarındaki sıcaklık derecesine bağlı olarak dışarıya ışıma yapar. Bu ışıma, duvarları oluşturan **maddenin cinsinden bağımsızdır**. Siyah cisim ışıması, enerjinin sıcaklık ve dalga boyu ile nasıl değiştiğini göstermektedir.



Klasik yaklaşımda ısı ışıma, cismin yüzeyine yakın atomlardaki yüklü parçacıkların ivmeli hareketlerinden kaynaklanır. Bu yüklü parçacıkların yaptığı ışıma sürekli bir spektruma sahip olmalıdır. Klasik fizikte, siyah cisim ışımasında yayılan ışığın dalga boyu küçüldükçe şiddetinin sonsuza gittiği hesaplandı (Rayleigh-Jeans Yasası). Fakat deneysel veriler ile teorik verilerin uyuşmadığı gözlemlendi. Deneysel verilere göre Şekil'de görüldüğü gibi dalga boyu küçüldükçe ısı ışımanın şiddeti azalmaktadır.



NOT: Işımanın gücü (şiddeti) maddenin cinsine bağlı değildir, sadece maddenin sıcaklığına ve yüzey alanının büyüklüğüne bağlıdır.

Deneysel sonuçlar iki belirgin özelliği ortaya çıkarıyordu.

1. Cismin sıcaklığı arttıkça dağılımın tepe noktası daha kısa dalga boylarına kayar.

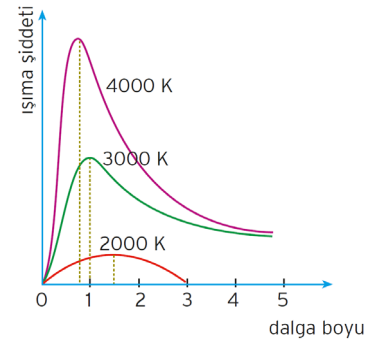
Wien Yer Değiştirme Yasası

Işımanın tepe dalga boyu bu yasayla hesaplanır.

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$

λ_{max} : Işımanın tepe yaptığı durumdaki dalga boyu
T : Mutlak sıcaklık (Kelvin)

2. Cismin yayınladığı toplam enerji miktarı sıcaklık ile artmaktadır.



Mor Ötesi Felaket

Klasik fizik yasalarına göre, kara cismin yaptığı ışıma miktarı küçük dalga boyları için sonsuz olmalıdır. (Grafik'in altında kalan sonsuza gitmektedir.) Oysa böyle bir durum gerçekleşmemektedir. Bu duruma bilim insanları mor ötesi felaket adını vermiştir. (Bu bir yanlış isimlendirmedir. Çünkü sonsuz enerji mor ötesi dalga boyunda değil, dalga boyu sıfıra giderken ortaya çıkmaktadır.)

Planck'in Kuantum Hipotezi

Mor ötesi felaket sorunu Max Planck'in ortaya koyduğu iki varsayım ile aşılmıştır.

Planck atomu bir harmonik salınıcı olarak düşündü. Yani titreşen bir yay gibi. Titreşimin her harmoniği bir enerjiye karşılık gelecektir.

- 1- Moleküller yalnızca $E = n \cdot h \cdot f$ olarak verilen kesikli enerji değerlerine sahip olabilirler.

$$E = n \cdot h \cdot f$$

h: Planck sabiti (ilk kez önerildi)
f: Frekans
n: Tam sayı (kuantu durumu)

$$(h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s})$$

- 2- Moleküller, sonradan foton adını alacak kesikli paketler halinde enerji yayınlıyor ve yutarlar. Moleküller bir kuantum durumundan diğerine "sıçrayarak" bu fotonları yayınlıyor veya yutarlar. (Henüz Bohr ve yörüngeleri yok)

Planck'in dalga boyu ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösteren denklemi:

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda k_B T} - 1)}$$

Planck'in önerdiği denklem deneysel sonuçlarla tam uyumlu çıktı ve kuantum teorisini başlattı.

(Yıl: 1900)

