

DENEY 15: KIRINIM VE GİRİŞİM

Kullanılan Araç ve Gereçler:

- Lazer
- Tek yarık sistemi
- Çift yarık sistemi

Amaç:

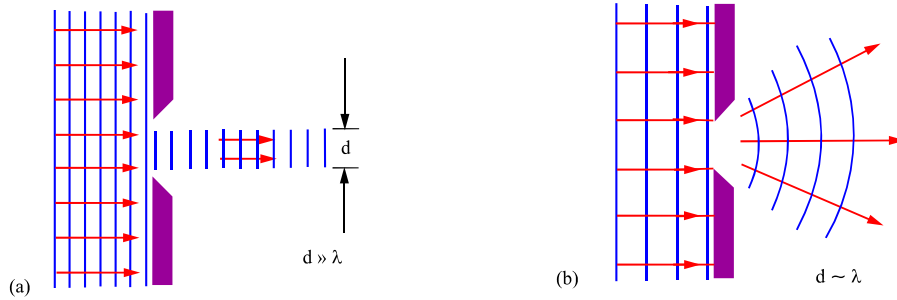
1. Işığın kırınım ve girişim saçaklarının gözlenecek.
2. Bu kavramlarla ilgili çeşitli ölçümler yapılacaktır.

15.1 Kırınım ve Girişim:

Işık dalgaları küçük veya ince bir aralıktan geçtiğinde sanıldığı gibi doğrusal bir yol boyunca hareket etmek yerine, ışık düz ve doğrusal yolundan sapar ve başka türlü gölgelenmiş bir bölgeye girer. İşte ışığın bu geliş doğrultusundan ayrılması kırınım olarak adlandırılır. Eğer ışık düz bir çizgi halinde hareket etmiş olsa idi, arkada parlak bir bölge beklenenecekti. Genel olarak kırınım, dalgalar küçük aralıklardan, engeller veya oldukça keskin kenarların yakınından geçtiğinde oluşur.

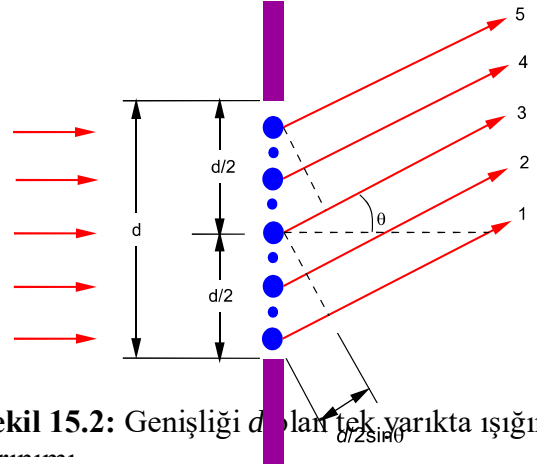
Kırınım olarak bilinen bu olaya, bir çok koherent (eşfazlı) dalga kaynağının girişiminin bir sonucu olarak bakılabilir. Bir başka deyişle, kırınım ve girişim olayları temelde özdeştir. Işık dalgalarında kararlı bir girişim gözleyebilmek için şu koşullar sağlanmalıdır: 1-) Kaynaklar uyumlu yani koherent (eşfazlı) olmalıdır, kısacası birbirlerine göre olan sabit fazı korumalıdır. 2-) Kaynaklar tek renkli, yani bir tek dalgaboylu olmalıdır. 3-) Süperpozisyon (üst üste binme) ilkesi uygulanabilmelidir.

Kırınımı gözlemek için en basit düzenek Şekil 15.1'de görüldüğü gibi a genişliğinde ince uzun bir yarık kullanmaktır. Huygens ilkesine göre yarığın her kısmı, bir dalga kaynağı gibi davranır. Dolayısıyla, yarığın bir kısmından çıkan ışık, başka kısmından çıkan ışıkla girişim yapabilir.



Şekil 15.1: Dalga boyu λ olan düzlem dalga, üzerinde d yarıçaplı yarık bulunan engele geliyor. a) Yarığın yarıçapı d , dalga boyu λ ya göre çok büyük ise ($d \gg \lambda$) kırınım gözlenmez. b) Yarık çapı dalga boyu mertebesinde ise ($d \approx \lambda$) kırınım olayı gözlenir.

Dalga boyu λ olan bir düzlem dalganın (örneğin ışık) bir engele geldiğini ve bu engelde çapı d olan dairesel bir yarık bulunduğunu kabul edelim (Şekil 15.1.a). Eğer dalga boyu ile yarığın çapını kıyaslarsak; yarığın çapı dalga boyuna göre çok büyük ise ($d \gg \lambda$) kırınım gözlenmez. Engeldeki yarığın çapı dalga boyu mertebesinde ise ($d \approx \lambda$) yarıktan çıkan dalgaların her yönde bükülerek yayıldığı görülür (Şekil 15.1.b). Bükülme oranı, yani dalgaların saçılma açısı d/λ oranı azaldıkça artar. Yarıktan çıkarak yayılan dalgaların geliş doğrultusundan ayrılması *kırınım* olarak adlandırılır. Yayılan dalgalar dağıldıkça üst üste biner ve engel gerisindeki bir ekranda kırınım deseni oluşturur. Kırınım deseni dalgaların şiddetli ve zayıf olduğu bölgelerden oluşur. Yarıktan geçen dalganın yayılmasını *Huygens (Hügens) ilkesi* belirler. Huygens ilkesine göre, engeldeki d çapında yarığın her noktası bir dalga kaynağı gibi davranır. Böylece yarığın bir noktasından çıkan dalga, diğer noktadan çıkan dalga ile üst üste gelerek kırınım deseni oluşturur. Ekranda oluşan kırınım deseni üst üste gelen dalgaların bileşkesi olup θ açısına bağlıdır. Kırınım deseninin oluşumunu daha ayrıntılı olarak incelemek için Huygens ilkesine göre yarıktaki beş noktadan çıkan dalgaların doğrultusunu çizelim (Şekil 15.2).



Şekil 15.2: Genişliği d olan tek yarıқта ışığın kırınım deseni.

Dikkat edilirse 1 dalgası 3 dalgasından $(d/2)\sin\theta$ kadar geride olup daha fazla yol alır. Benzer şekilde yarığın üst yarısından çıkan dalgalar ile alt yarısından çıkan diğer dalgalar arasında da yol farkı oluşur. Eğer yol farkı dalga boyunun yarısı kadar ise, iki dalga zıt fazlı olur ve yıkıcı etki ile birbirini söndürür. Yıkıcı girişim

$$\frac{d}{2} \sin\theta = \frac{\lambda}{2} \quad \text{veya} \quad d \sin\theta = \lambda \quad (15.1)$$

koşulu sağlandığında oluşur. Dikkat edilirse bu koşul d çaplı yarığın iki eşit parçaya bölünmesinden elde edildi. Oysa Huygens ilkesi, yarığın n tane nokta kaynak gibi davrandığını öngörür. Eğer yarık dört eşit parçaya bölünürse yıkıcı girişim için

$$\sin\theta = \frac{2\lambda}{d} \quad (15.2)$$

koşulu elde edilir. Benzer şekilde yarık altı eşit parçaya bölünürse bu koşul

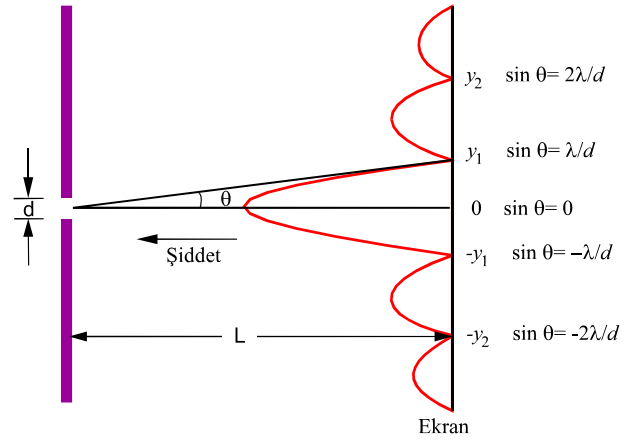
$$\sin\theta = \frac{3\lambda}{d} \quad (15.3)$$

olur. Sonunda n parçası üst bölgede ve n parçası da alt bölgede olan yarık için yıkıcı girişim koşulu

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d} \quad \text{veya} \quad d \sin\theta = n\lambda, \quad (n = \pm 1, \pm 2, \dots) \quad (15.4)$$

şeklinde elde edilir. Burada pozitif tam sayılar üst bölge, negatifler de alt bölgedeki minimum noktalar içindir.

Bu koşulda, kaynaklardan çok uzaktaki bir P noktasına θ açısı ile ulaşan dalgalar birbirini yok eder ve toplam dalga şiddeti sıfır olur. Başka bir deyişle, bir kaynağın saldığı dalga tepesi, diğer kaynağın saldığı dalga çukuru ile P noktasına aynı zamanda varır ve birbirini yok eder. Kırınım deseninin biçimi Şekil 15.3’de gösterilmiştir. Dikkat edilirse iki minimum arasında bir maksimum bölge yer alır ve $\sin\theta = 0$ ise merkezî maksimumu verir.



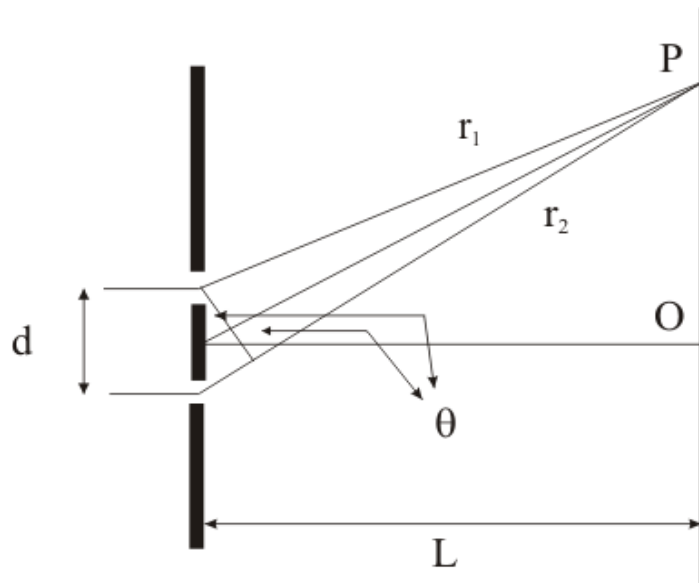
Şekil 15.3: Tek yarıktaki desenin oluşumu.

Girişim deseni ile

kırınım deseni arasındaki fark nedir gibi bir soru akla gelebilir. Bunun cevabı fark yoktur şeklindedir. Her iki olayda dalgaların üst üste gelmesi ile ilgilidir. Ancak *sonlu sayıda* ayrı simetrik dalganın üst üste gelmesi ile oluşan genlik ve şiddet desenine *girişim deseni* denir. *Sürekli* simetrik dalga kaynaklarının katkılarının üst üste gelmesi ile oluşan şiddet deseni ise *kırınım deseni* olarak adlandırılır.

Ev Deneyi: İki parmağınızın arasında ince bir yarıktan bir ışık kaynağına bakınız. Yarığın genişliği yarım santimetre iken, bu yarıktan gözlenen ince ve uzun bir ışık kaynağı normal olarak görünür. Yarığın genişliğini giderek daraltın. Yarık genişliği milimetrenin onda biri kadar ince olduğu zaman, ışık kaynağı parmaklarınıza dik doğrultuda yayılmış gibi görünür. Parmaklarınızın doğrultusunu değiştirseniz bile kaynağın yayılmış görüldüğü doğrultu daima parmaklarınıza dik kalır. Bu deney ışığın bir yarıktaki kırınımına uğradığını açıkça gösterir.

Birinci hale benzeyen ve incelenmesi daha kolay olan bir durum da Şekil 15.4’de gösterildiği gibi aralarındaki uzaklık d olan çift yarık kırınımıdır.



Şekil 15.4

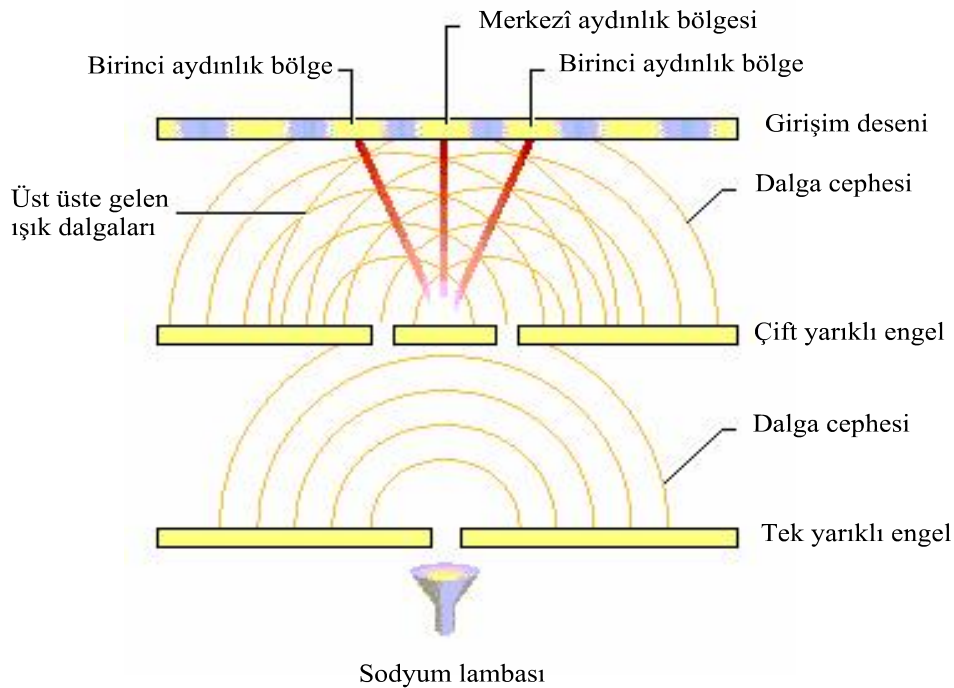
Şekilde de görüldüğü gibi alttaki yarıktan çıkan dalga, üstteki yarıktan çıkan dalgaya göre $d\sin\theta$ kadar daha fazla yol kat eder. Buna yol farkı adı verilir:

$$r_2 - r_1 = d\sin\theta \quad (15.5)$$

Bu eşitlik r_1 ve r_2 'nin paralel olduğunu varsayar ki, bu yaklaşım oldukça doğrudur; çünkü L 'nin d 'den çok büyük olduğu kabul edilmiştir. Bahsedilen yol farkının değeri, her iki dalga P noktasına ulaştığında, aynı fazda olup olmadıklarını belirler. Eğer yol farkı sıfır veya dalga boyunun tam katları ise, P 'de iki dalga aynı fazda olur ve yapıcı girişim oluşur. Bu nedenle P 'de parlak bölge veya yapıcı girişim oluşma koşulu

$$d\sin\theta = m\lambda, m = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (15.6)$$

ile verilir ve bu ifadedeki m sayısı, mertbe numarasıdır. $\theta = 0$ 'daki ($m=0$) merkezi parlak saçak, sıfıncı mertbeden maksimumdur. Çift yarık deneyinde elde edilecek kırınım deseni Şekil 15.5 'de gösterilmiştir.



Şekil 15.5: Tek yarıқта desenin oluşumu.

O 'dan P 'ye düşey doğrultuda parlak ve karanlık saçaklarının konumlarını veren bir ifade elde edilebilir: $L \gg d$ kabulümüzün yanısıra $d \gg \lambda$ olduğunda varsayalım, yani, iki yarık arasındaki uzaklık, dalga boyundan çok büyük olsun. Bu şartlar yapacağımız bu deneyde de sağlanmaktadır, zira L , 1 m mertebesinde; d , 1 mm 'den daha az; λ ise 6323 Å 'dır. Bu koşullarda θ küçük olacağından $\sin\theta \cong \tan\theta$ yaklaşımını kullanabiliriz. Bu bilgileri kullanarak çift yarık için parlak saçakların konumlarını

$$y_{\text{parlak}} = \frac{\lambda L}{d} m, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (15.7)$$

olarak buluruz.

Benzer şekilde tek yarık için merkezi eksenden ölçülen minimumların yani karanlık saçakların konumlarını veren ifade

$$y_{\text{karanlık}} = \frac{\lambda L}{d} n, n = \pm 1, \pm 2, \dots \quad (15.8)$$

olacaktır.

15.2 Deneyin Yapılışı:

15.2.1 Tek Yarık Kırınım Girişim:

Lazer demetini tek-yarıklardan birine yöneltiniz ve kırınım desenindeki şiddet minimumlarının y_n konumlarını ölçünüz. Karanlık saçakların konumlarını veren ifadeyi kullanarak y_n/L nin n 'ye bağlı olarak değişimini veren verileri bir grafiğe taşıyınız ve ölçü noktaları arasından geçen en yakın doğruyu çizin. Bu grafiğinin eğiminden, λ 'nın bilinen değerini kullanarak d yarık genişliğini bulunuz. Farklı genişlikte başka bir tek yarık kullanarak desenin nasıl değiştiğini nitel olarak gözleyiniz.

15.2.2 Çift Yarık Kırınım Girişim:

Lazer demetini çift yarık sistemlerinden birine yönelterek yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Parlak saçakların konumlarını veren ifadeyi kullanarak yarıklar arası uzaklığı yine grafik yöntemini kullanarak bulunuz. Desen, yarıklar arası d uzaklığını nasıl bağlıdır? Veya her yarığın genişliğine nasıl bağlıdır?

15.3 Sorular:

1. Yarığın genişliği küçüldükçe, tek yarık girişim desenindeki merkezi maksimumun genişliğindeki değişimi açıklayınız.