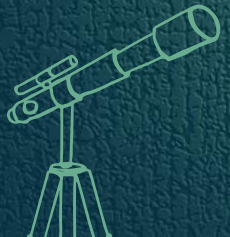


6.Hafta
IŞIĞIN GİRİŞİMİ,
ÇİFT YARIKTA GİRİŞİM



İçindekiler

6.1. Işığın Girişimi

6.2. Çift Yarıktaki Girişim (Young Deneyi)

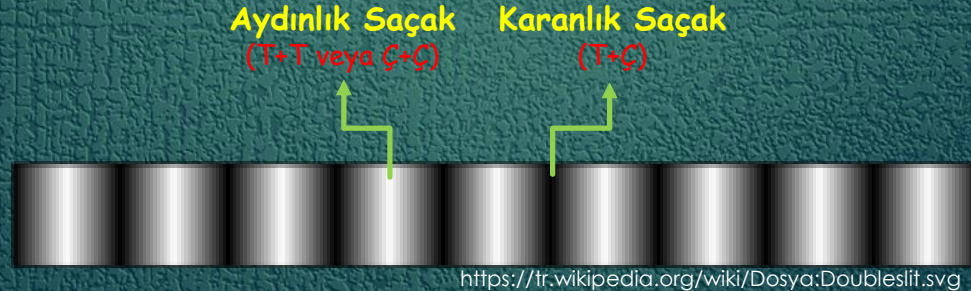
6.2.1. Saçak Genişliği

6.2.2. Bazı Parametrelerin Girişim Deseni Üzerindeki Etkisi

6.1. Işığın Girişimi

- Işık, dalga yapısından dolayı girişim özelliği göstermektedir. Dalga gibi davranan ışık, başka bir ışık ile karşılaşınca etkileşime girer.
- İki kaynaktan çıkan dalgalar bir noktaya aynı fazda geldikleri zaman, yani birinin dalga tepesi ile diğerinin tepesi veya birinin dalga çukuru ile diğerinin çukuru karşılaşır, dalga genliği en büyük değerine ulaşır. Dalgaların kesiştikleri noktalar daha aydınlık olur ve bu noktalara **aydınlık saçak** adı verilir. Bu noktalar su dalgalarında dalga katarlarına denk gelmektedir.

- İki kaynaktan çıkan dalgalar bir noktaya zıt fazda geldikleri zaman, dalgalardan birinin tepesi ile diğzerinin çukuru aynı anda bu noktaya ulaşır. Dalgaların genlikleri eşit ise toplam genlik sıfır olur ve dalgaların kesiştikleri noktalar daha karanlık olur. Bu noktalara **karanlık saçak** adı verilir.

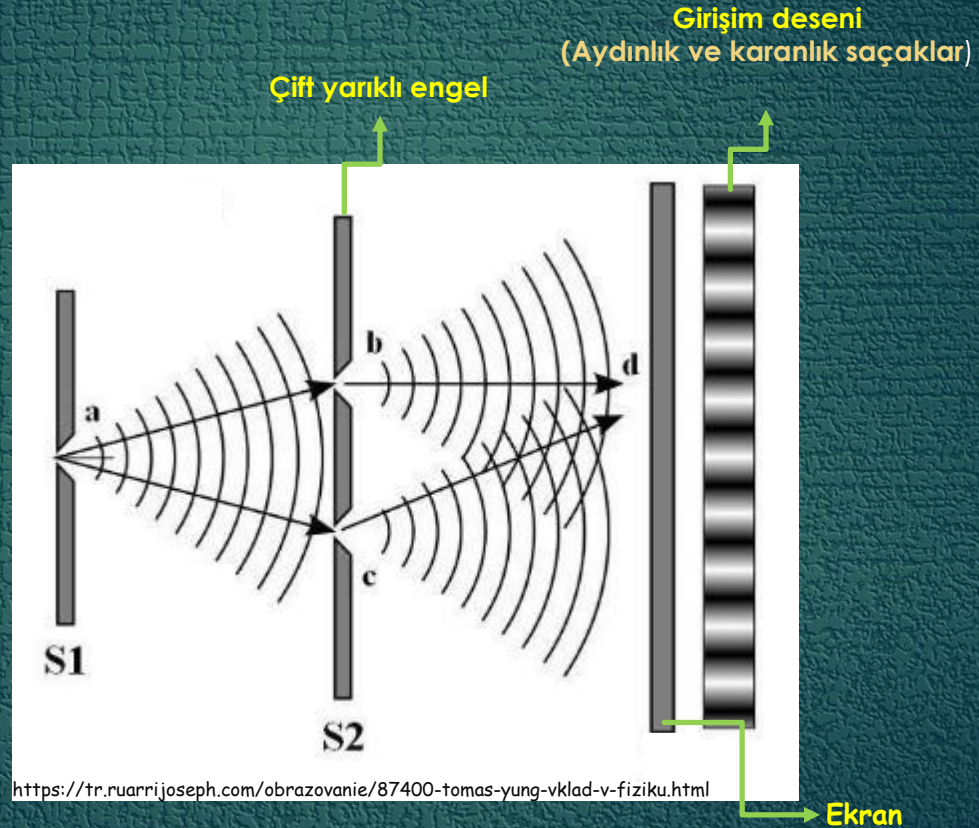


Şekil 6.1. Işığın girişimi sonucu oluşan aydınlık ve karanlık saçaklar

- Farklı kaynaklardan gelen ışıkların bu etkileşimlerini görmek için, iki farklı düzenek oluşturulabilir. Bunlar,
 - 1) Çift yarıkli düzenek (Young Deneyi) (Işığın girişim olayı incelenir)
 - 2) Tek yarıkli düzenek (Işığın kırınım olayı incelenir)

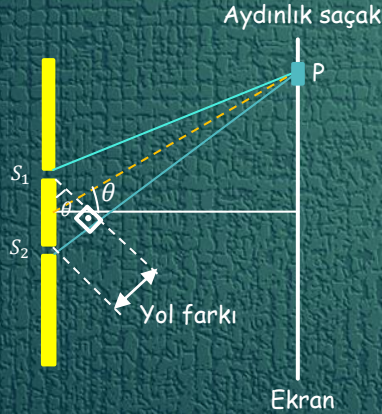
6.2. Çift Yarıktaki Girişim (Young Deneyi)

- Işık dalgalarının girişimini inceleyebilmek için aynı fazlı veya sabit fazlı iki dalga kaynağı gereklidir. Ayrıca kaynaklardan çıkan dalgaların dalga boylarının eşit olması, meydana gelen girişimin incelenmesini kolaylaştırır. Bu şartların sağlanması için tek renkli bir ışık kaynağı ve çift yarıklı bir engel kullanılır. Kaynak yarıklardan eşit uzaklığa konularak, kaynaktan çıkan ışınların yarıklara aynı anda varması sağlanır. Böylece bu yarıklar aynı fazda çalışan iki nokta kaynağı haline gelirler.



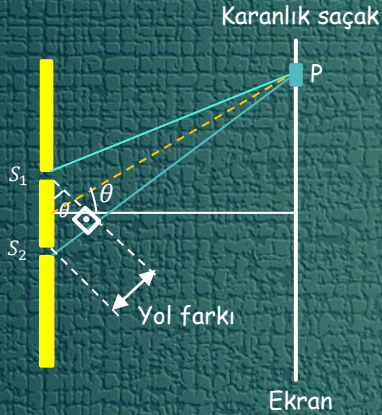
Şekil 6.2. Işığın çift yarıқта girişimi

- Ekran üzerinde alınan herhangi bir P noktasının hangi saçak üzerinde olduğunu, P noktasının her iki yarığın kenarlarına olan uzaklıkları farkından bulabiliriz.



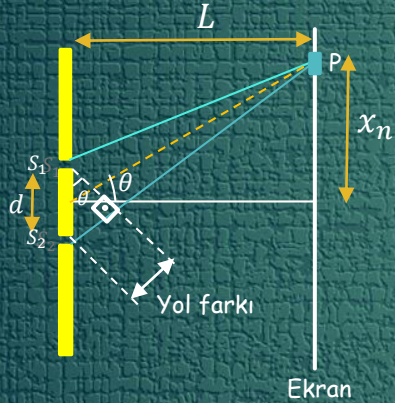
- Ekran üzerindeki bir P noktasında aydınlık saçak oluşması için, iki kaynaktan gelen dalgalar arasındaki yol farkının, dalga boyunun tamsayı katlarına eşit olması gerekir.

$$Yolfarkı = n.\lambda \quad n = 1,2,3, \dots$$



- Ekran üzerindeki bir P noktasında karanlık saçak oluşması için, iki kaynaktan gelen dalgalar arasındaki yol farkının, dalga boyunun yarım katlarına eşit olması gerekir.

$$Yol\ farkı = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \quad n=1,2,3,\dots$$



- Şekil üzerinde temel geometri bilgilerini kullanarak birbirine benzer iki üçgen olduğunu görebiliriz. Bunlardan tepe açısı θ olan küçük üçgende,

$$\sin \theta = \frac{\text{Yol farkı}}{d}$$

- θ açılı büyük üçgende,

$$\sin \theta = \frac{x_n}{L}$$

- Bu iki bağıntıyı birleştirecek,

$$\text{Yol farkı} = d \cdot \sin \theta = d \cdot \frac{x_n}{L}$$

olur.

➤ Aydınlık ve karanlık saçaklar için aşağıdaki denklemleri yazabiliriz.

$$Yol\ farkı = d \cdot \sin \theta = d \cdot \frac{x_n}{L} = n \cdot \lambda \text{ (Aydınlık saçak)}$$

$$Yol\ farkı = d \cdot \sin \theta = d \cdot \frac{x_n}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \text{ (Karanlık saçak)}$$

Soru 6.1 Dalga doyu 640 nm olan ışııkla yapılan çift yarık deneyinde, ekrandaki bir B noktası, 3. aydınlık saçak üzerinde olduğuna göre, aynı düzenekte ışıının dalga boyu 480 nm yapılırsa, B noktası hangi saçak üzerinde olur?

Çözüm:

$$Yol\ farkı = n.\lambda = 3.640$$

$$Yol\ farkı = 1920\text{ nm}$$

1920 nm değeri, dalga boyu 480 nm ışığın dalga boyunun tam katı bir değer olduğu için B noktası aydınlık saçak üzerindedir. Aydınlık saçak bağıntısından B noktasının kaçınıcı saçak üzerinde olduğunu aşağıdaki gibi bulabiliriz.

$$Yol\ farkı = n.\lambda$$

$$1920 = n.480$$

$$n = 4$$

B noktası 4. aydınlık saçak üzerinde olur.

Soru 6.2 λ dalga boylu ışıqla yapılan çift yarık deneyinde ekrandaki bir E noktasının deliklere uzaklıkları sırasıyla 8λ ve $2,5\lambda$ olarak ölçölüyor. Buna göre E noktası hangi saçak üzerindedir?

Çözüm:

$$\text{Yol farkı} = 8\lambda - 2,5\lambda = 5,5\lambda$$

$5,5\lambda$ değeri dalga boyunun yarım katlarından bir değer olduğu için, E noktasında karanlık saçak oluşur. E noktasının kaçınıcı saçak üzerinde olduğunu aşağıdaki gibi bulabiliriz.

$$\text{Yol farkı} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

$$5,5\lambda = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

$$5,5 = n - \frac{1}{2}$$

$$n = 6 \text{ (E noktası 6. karanlık saçak üzerindedir.)}$$

Soru 6.3 Dalga boyu 2λ olan bir çift yarık düzeneğinde, ekrandaki bir P noktasının yarıklara uzaklıkları sırasıyla 3λ ve 6λ olarak ölçülüyor. Buna göre P noktası hangi saçak üzerindedir?

Çözüm: Yol farkı $= 6\lambda - 3\lambda = 3\lambda$ dır. Bu değer 2λ 'nın tam katı bir değer olmadığı için P noktası karanlık saçak üzerindedir.

$$\text{Yol farkı} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

$$3\lambda = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot 2\lambda$$

$$\frac{3}{2} = \left(n - \frac{1}{2}\right)$$

$n = 2$ (P noktası 2 karanlık saçak üzerindedir.)

Soru 6.4 Aralarındaki uzaklık 0,04 cm olan çift yarıklı bir düzenekte, yarıklardan 8 m uzaklıktaki bir ekranda girişim deseni oluşmaktadır. 5. aydınlık çizginin merkez doğrusuna uzaklığı 8 cm olduğuna göre, kullanılan ışığın dalga boyu kaç nm'dir?

Çözüm:

$$d = 0,04 \text{ cm} = 0,04 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$x_n = 8 \text{ cm} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$n = 5. \text{aydınlık saçak}$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$d \cdot \frac{x_n}{L} = n \cdot \lambda$$

$$0,04 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{8 \text{ m}} = 5 \cdot \lambda$$

$$0,04 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-4}}{8 \text{ m}} = 5 \lambda$$

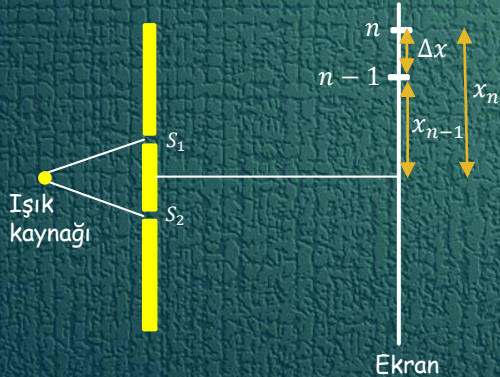
$$\lambda = \frac{4}{5} \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 800 \text{ nm}$$

6.2.1. Saçak Genişliği

- Girişim deseninde ardışık iki aydınlık veya iki karanlık saçak arasındaki uzaklığa **saçak genişliği** denir ve Δx ile gösterilir.
- Saçak genişliği ardışık iki aydınlık ya da, iki karanlık saçığın merkez doğrusuna uzaklıkları farkı ile bulunabilir.



$x_n = n$. saçığın merkez doğrusuna uzaklığı

$x_{n-1} = (n - 1)$. saçığın merkez doğrusuna uzaklığı

$$\Delta x = x_n - x_{n-1}$$

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{d} = \frac{x_n}{L} \rightarrow x_n = \frac{n\lambda L}{d}$$

$$\Delta x = \frac{n\lambda L}{d} - \frac{(n-1)\lambda L}{d}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

Soru 6.5 Dalga boyu 630 nm olan ışık, aralarında 0,3 mm mesafe olan çift yarık düzeneğine geliyor. Yarıklardan 6m uzaklıktaki ekranda oluşan girişim desenindeki aydınlık saçaklar arasındaki mesafeyi hesaplayınız.

Çözüm:

$$L = 6 \text{ m}$$

$$\lambda = 630 \text{ nm} = 630 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$d = 0,3 \text{ mm} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d} = \frac{630 \cdot 10^{-9} \cdot 6}{0,3 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta x = 12600 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\Delta x = 1,26 \text{ cm}$$

Soru 6.6 Young deneyinde kullanılan ışığın dalga boyu 530 nm, yarıklar arası mesafe 0,2 mm ve yarıkların ekrana uzaklığı 60 cm olarak ölçülüyor. Oluşan girişim deseninde, 2. aydınlık saçak ile 5. karanlık saçak arasındaki mesafeyi hesaplayınız.

$$\lambda = 530 \text{ nm} = 530 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$d = 0,2 \text{ mm} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 60 \text{ cm} = 0,6 \text{ m}$$

Çözüm:

2. Aydınlık saçığının merkezi doğruya uzaklığı (x_2),

$$\text{Yol farkı} = d \cdot \sin \theta = d \cdot \frac{x_n}{L} = n \cdot \lambda$$

$$d \cdot \frac{x_n}{L} = n \cdot \lambda$$

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x_2}{0,6} = 2.530 \cdot 10^{-9}$$

$$x_2 = 3180 \cdot 10^{-6} m$$

$$x_2 = 3,180 \text{ mm}$$

5. Karanlık saçığın merkezi doğruya uzaklığı (x_5),

$$Yol\ farkı = d \cdot \sin \theta = d \cdot \frac{x_n}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

$$d \cdot \frac{x_n}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

$$d \cdot \frac{x_n}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda$$

$$0,2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x_5}{0,6} = \left(5 - \frac{1}{2}\right) \cdot 530 \cdot 10^{-9}$$

$$x_5 = 7155 \cdot 10^{-6} m$$

$$x_5 = 7,155 \text{ mm}$$

$$x_5 - x_2 = 7,155 - 3,180 = \mathbf{3,975 \text{ mm}}$$
 (2. aydınlık saçak ile 5. karanlık saçak arasındaki mesafe)

Soru 6.7 Bir lazer demeti ($\lambda = 632,8 \text{ nm}$) birbirlerinden $0,200 \text{ mm}$ mesafeli iki yarığa gelmektedir. Yarıklardan 5 m uzaklıktaki ekran üzerinde parlak saçaklar arasındaki mesafe ne kadar olur?

Çözüm:

$$L = 5 \text{ m}$$

$$\lambda = 632,8 \text{ nm} = 632,8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$d = 0,200 \text{ mm} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda \cdot L}{d} = \frac{632,8 \cdot 10^{-9} \cdot 5}{0,2 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Delta x = 15820 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\Delta x = 1,58 \text{ cm}$$

6.2.2. Bazı Parametrelerin Girişim Deseni Üzerindeki Etkisi

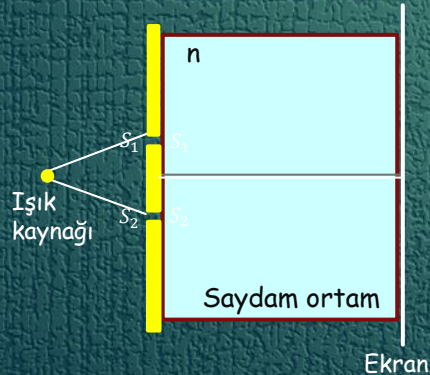
a) Işığın Dalga Boyunun Değiştirilmesi

- Beyaz ışıkla yapılan Young deneyinde girişim saçakları renkli olur. Tek renkli ışıkla yapılan girişim deneyinde, renklerin frekans ve dalga boyları farklı olacağından saçak genişliği de değişir.
- Saçak genişliği kırmızı ışık için en büyüktür. Dalga boyunun değişmesi saçak genişliğini etkiler fakat merkezi aydınlık saçığın yeri değişmez. Farklı renkte ışıkların kullanılması, merkezi aydınlık saçak dışında diğer saçakların yerlerini değiştirir.

$$\lambda_{kırmızı} > \lambda_{mor} \rightarrow \Delta x_{kırmızı} > \Delta x_{mor}$$

b) Ekran ile Yarıklar Düzlemi Arasına Saydam Madde Konulması

- Ekran ile yarıklar düzlemi arasına daha kırıcı bir ortam konursa, ışığın hızı ve dalga boyu küçüleceğinden saçak genişliği de küçülür.



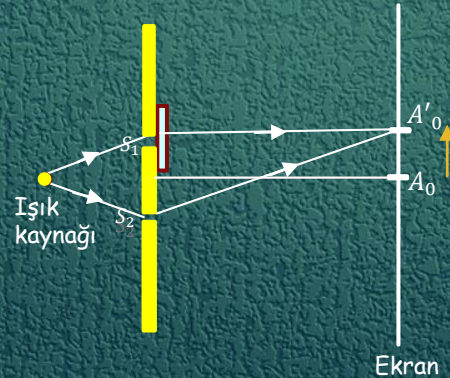
n = ortamın kırıcılık indisi

$$\lambda = \frac{\lambda_{hava}}{n}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda_{hava} \cdot L}{n \cdot d}$$

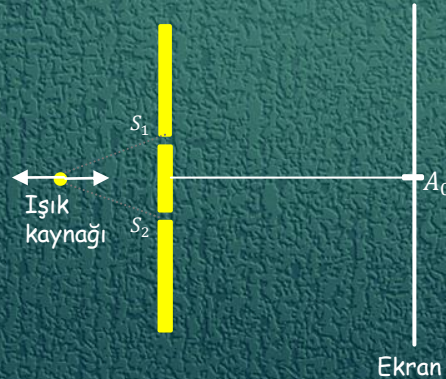
c) Yarıklardan Birine Saydam Madde Konulması

- Yarıklardan birinin önüne kırılma indisi n olan d kalınlığında saydam bir cisim konursa, ekrana düşen ışık diğer kaynağa göre gecikeceğinden kaynaklar arasında faz farkı oluşur. Girişim çizgileri geciken kaynağa doğru (önüne saydam madde konulan yarık tarafına) kayar.



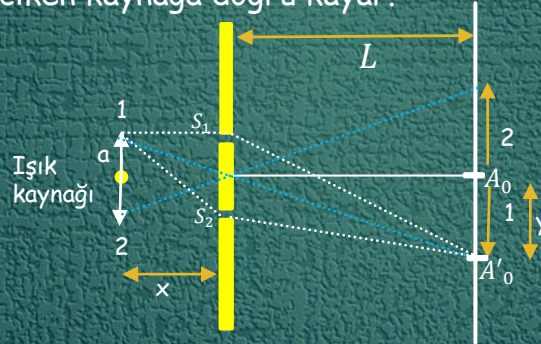
d) Işık Kaynağının Sağa-Sola Hareketi

- Kaynağın yarıklara olan uzaklıkları farkı değişmeyeceğinden kaynaklar arasında faz farkı oluşmaz. Bu yüzden saçakların yeri ve genişliği değişmez.
- Işık kaynağı yarıklar düzlemine yaklaştırıldığında ışık akısı artacağından aydınlık saçakların parlaklığı artar.
- Işık kaynağı yarıklar düzleminden uzaklaştırıldığında ise aydınlık saçakların parlaklığı azalır.



e) Işık Kaynağının Aşağı-Yukarı Hareketi

- Işık kaynağı yarıklar düzlemine paralel hareket ettirilirse yarıklardan biri geciken kaynak olur ve kaynaklar arasında faz farkı oluşur. Girişim deseni merkezi aydınlık saçakla birlikte geciken kaynağa doğru kayar.

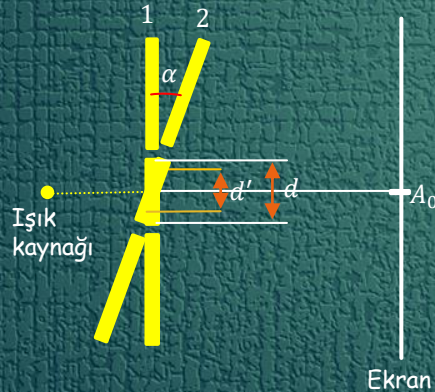


- Işık kaynağı 1 yönünde a kadar hareket ettirildiğinde, S_2 geciken kaynak olur ve merkezi aydınlık saçak aşağıya doğru y kadar kayar. y kayma miktarı üçgende benzerlik teoremiyle bulunabilir.

$$\frac{y}{a} = \frac{L}{x} \rightarrow y = \frac{aL}{x}$$

f) Yarıklar Düzleminin Döndürülmesi

- Yarıklar düzlemi döndürüldüğünde yarıklar arası uzaklık küçüleceğinden saçak genişliği büyür.



$$d' = d \cdot \cos \alpha$$

Yarıklar düzlemi 1 konumundayken saçak genişliği Δx , 2 konumundayken $\Delta x'$ olsun.

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}, \Delta x' = \frac{\lambda L}{d \cdot \cos \alpha}$$

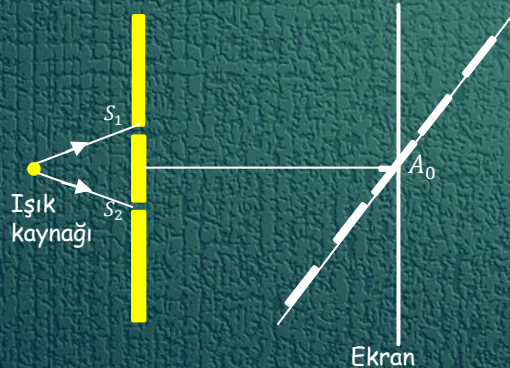
olduğundan

$$\Delta x' > \Delta x$$

olur.

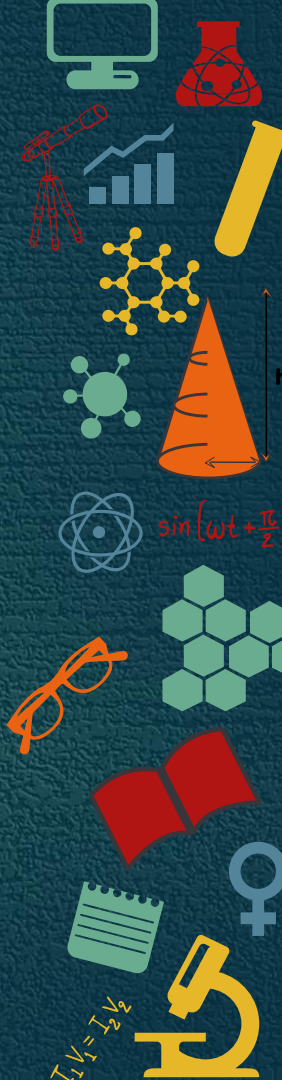
g) Ekranın A_0 Merkezi Aydınlık Noktasından Döndürülmesi

- Ekran A_0 merkezi aydınlık noktasından döndürülürse, ekranın yarıklara yaklaşan kısmında saçak genişliği azalır, uzaklaşan tarafında ise saçak genişliği artar.



$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

Teşekkürler



Kaynaklar

- S. Akkoyun, T. Bayram, "Fizik ve Geometrik Optik 1&2", 2 Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2018.
- Çeviri Editorü: K. Çolakoğlu; Editörler: R.A. Serway, R.C. Beichner, J.W. Jevett, "Fen ve Mühendislik için Fizik II", Palme Yayıncılık, Ankara, 2002.
- http://yunus.hacettepe.edu.tr/~bayari/FIZ%20201%20LAB/Isigin%20girisimi_sunum.pdf
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Doubleslit.svg>
- <https://www.bilgicik.com/yazi/isik-teorileri/>
- <https://tr.ruarrijoseph.com/obrazovanie/87400-tomas-yung-vklad-v-fiziku.html>