



3. ÜNİTE

DALGA MEKANİĞİ



1



2

Bu ünite de su dalgalarında kırınım olayının dalga boyu ve yarık genişliğiyle ilişkisi belirlenip girişim olayı açıklanacaktır.

Işığın çift yarıkta girişimine ve tek yarıkta kırınımına etki eden değişkenler belirlenecek ve bu olaylardan yola çıkılarak ışığın dalga doğası hakkında çıkarımlar yapılacaktır.

Doppler olayının günlük hayattaki örnekleri ışık ve ses dalgaları üzerinden açıklanarak elektromanyetik dalgaların ortak özellikleri ele alınacaktır.

1. BÖLÜM: DALGALARDA KIRINIM, GİRİŞİM VE DOPPLER OLAYI

2. BÖLÜM: ELEKTROMANYETİK DALGALAR

1. BÖLÜM

DALGALARDA KIRINIM, GİRİŞİM VE DOPPLER OLAYI

Konular

- 3.1.1. Su Dalgalarında Kırınım Olayının Dalga Boyu ve Yarık Genişliği ile İlişkisi
- 3.1.2. Su Dalgalarında Girişim Olayı
- 3.1.3. Işığın Çift Yarıktan Girişimine Etki Eden Değişkenler
- 3.1.4. Işığın Tek Yarıktan Kırınımına Etki Eden Değişkenler
- 3.1.5. Işığın Dalga Doğası
- 3.1.6. Işık ve Ses Dalgalarında Doppler Olayının Etkileri

Anahtar Kavramlar

- Girişim
- Kırınım
- Doppler olayı

- Aynı yay üzerinde oluşturulan iki atma karşılaştığında yayın görünümünde oluşan değişiklik, aynı ortamda oluşturulan iki su dalgasının karşılaşması sonucunda su yüzeyinde de meydana gelir mi?
- Doğrusal su dalgaları ilerlerken önlerine çıkan doğrusal engellere çarpıp geldikleri ortama geri döner. Peki, engeller arasındaki küçük bir aralıktan geçen dalgalar bu durumdan nasıl etkilenir?

Bu bölümde dalgaların önüne çıkan tek ya da çift yarıktan geçişi incelenecektir. Hareket hâlindeki dalga kaynaklarının meydana getirdiği Doppler olayı ele alınacaktır.



3.1.1. Su Dalgalarında Kırınım Olayı

Dalga olayının bir enerji aktarımı olduğu ifade edilmiş, su dalgalarının genel özellikleri yansıma ve kırılma olayları ele alınmıştı. Bu bölümde ise su dalgalarının birbirine yakın engeller arasından geçerken nasıl bir davranış gösterdiği ele alınacaktır.



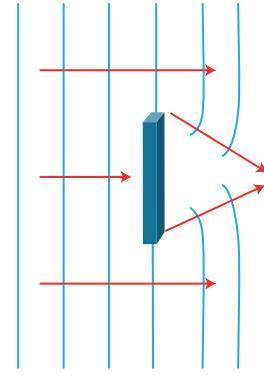
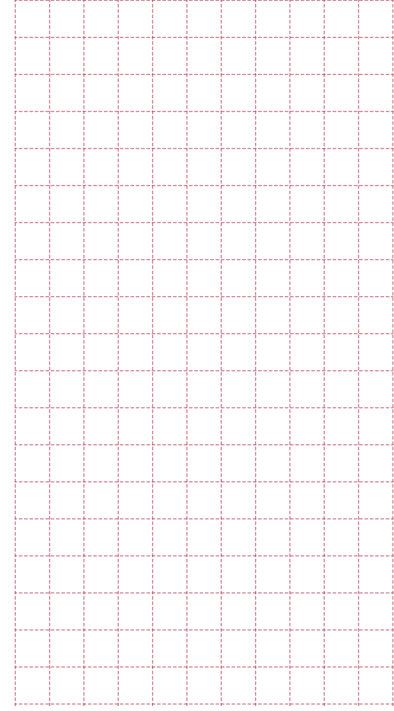
Görsel 3.1: Koyda dalgaların kırınımı

Koya yaklaşan doğrusal su dalgaları (Görsel 3.1) bükülerek koyun iç kısmında bir desen oluşturur. Su dalgalarının, aralarındaki uzaklık dalga boyuna göre küçük olan iki engel arasından (Görsel 3.2) ya da keskin kenarlardan geçerken (Şekil 3.1), dairesel dalgalar şeklinde bükülerek yayılması olayına **kırınım**, kırınım olayında oluşan desene de **kırınım deseni** denir.

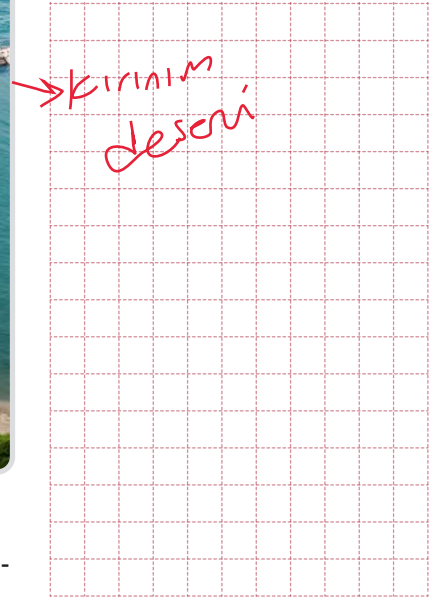


Görsel 3.2: Dalgakıran

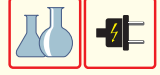
Su dalgalarında kırınım olayının bağlı olduğu değişkenleri "Su dalgalarında kırınım" deneyini yaparak belirleyiniz.



Şekil 3.1: Keskin kenarda dalgaların kırınımı

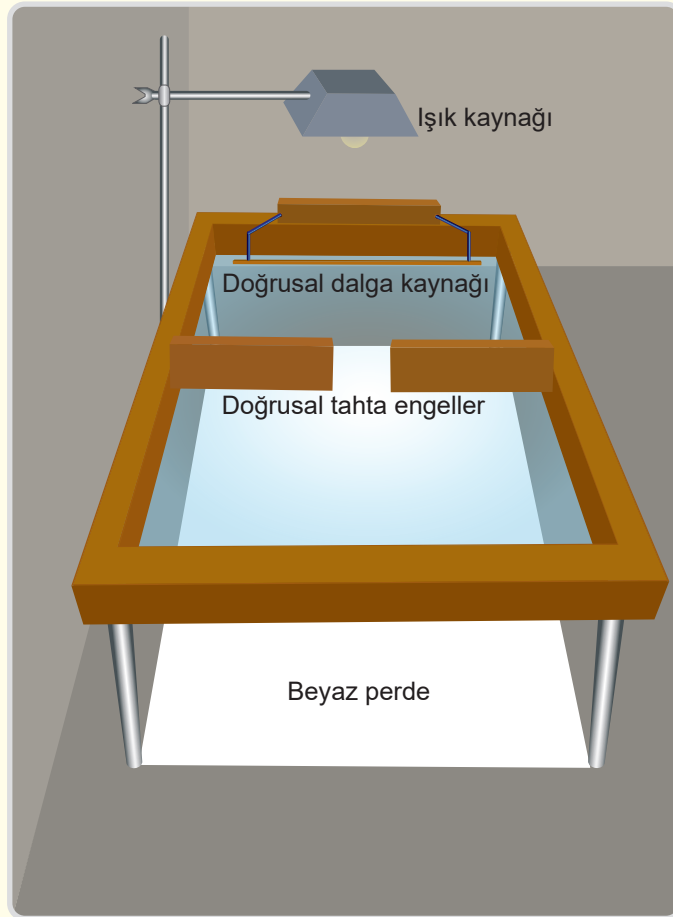


1. DENEY



Deneyin Adı	Su dalgalarında kırınım
Deneyin Amacı	Su dalgalarında kırınım olayının bağlı olduğu değişkenlerin belirlenmesi
Deneyde Kullanılan Araçlar	<ul style="list-style-type: none"> • Dalga leğeni takımı • Doğrusal su dalgası kaynağı • Doğrusal tahta engeller • Beyaz perde

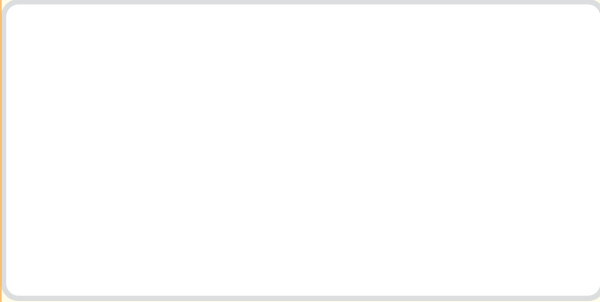
Deney Düzenine Hazırlanışı



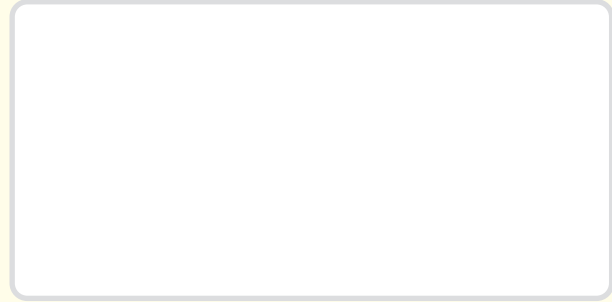
- 1. Adım:** Dalga leğeni ni şekildeki gibi hazırlayınız.
- 2. Adım:** Beyaz perdeyi dalga leğeni ni n alt tarafını tamamen kapatacak şekilde yerleştiriniz.
- 3. Adım:** Dalga leğeni ni derinliğı 2 cm olacak şekilde su ile doldurunuz.
- 4. Adım:** Güç kaynağı ni, bağlantı kablolarıyla dalga kaynağı ni a bağlayınız.

Deneyin Yapılışı

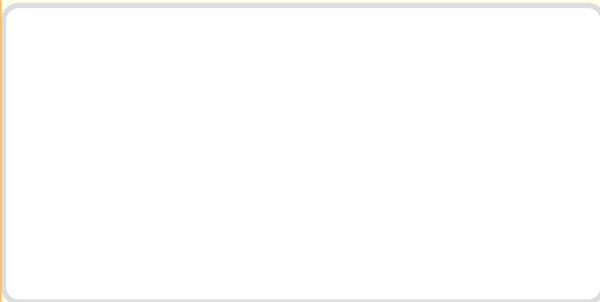
1. **Adım:** Tahta engelleri, dalga kaynağına paralel ve aralarında açıklık olacak şekilde yerleştiriniz.
2. **Adım:** Güç kaynağını açınız ve dalga kaynağını çalıştırarak doğrusal su dalgaları elde ediniz.
3. **Adım:** Engeller arasındaki mesafeyi, engeller arasından geçen dalgaların doğrultusunu değiştirmeden geçecek şekilde ayarlayınız.
4. **Adım:** Dalga kaynağı çalışır durumdayken tahta engeller arasındaki açıklığı bir miktar azaltarak engeller arasından geçen dalgaların beyaz perde üzerinde oluşan görüntülerini ve oluşan deseni 1. bölgeye çizin.
5. **Adım:** Tahta engelleri birbirine iyice yaklaştırarak oluşan deseni gözlemleyiniz ve 2. bölgeye çizin.
6. **Adım:** Tahta engeller arasındaki mesafeyi dalgaların tekrar doğrusal olarak yayılabileceği duruma getiriniz.
7. **Adım:** Dalga kaynağının frekansını yavaş yavaş azaltarak doğrusal dalgaların engellerin arasından geçişi desenini gözlemleyerek 3. bölgeye çizin.
8. **Adım:** Dalga kaynağının frekansını başlangıçtaki konuma getiriniz. Leğene bir miktar su ilave ederek doğrusal su dalgalarının engeller arasından geçişini gözlemleyiniz ve oluşan deseni 4. bölgeye çizin.



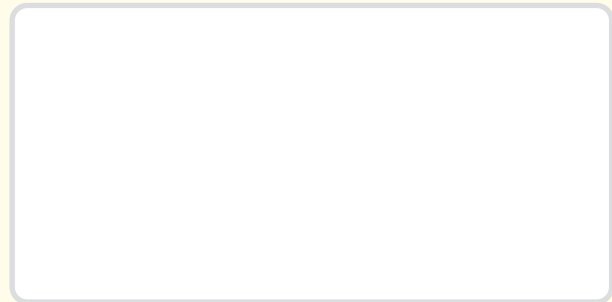
1. bölge



2. bölge



3. bölge



4. bölge

Sonuç ve Değerlendirme

1. Deneyin 4 ve 5. adımında engeller arasındaki açıklığı değiştirmenin kırınım olayına etkisini açıklayınız.
2. Deneyin 7. adımında kaynağın frekansındaki değişimin kırınım olayına etkisini açıklayınız.
3. Deneyin 8. adımında su derinliğinin artırılmasının kırınım olayına etkisini açıklayınız.



Simülasyon



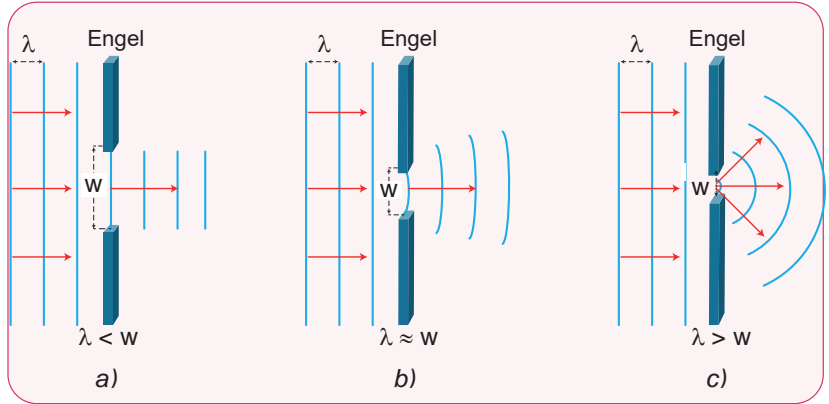
Su dalgalarında kırınım ve girişim olaylarını karekoddan yararlanarak inceleyiniz.



Durgun su yüzeyinde oluşturulan λ dalga boyulu doğrusal dalgalar engel aralığı w olan engeller arasına gönderildiğinde engelin arkasında doğrusal olarak yollarına devam ediyorsa $w > \lambda$ dir (Şekil 3.2: a).

Engel aralığı küçültülerek su dalgalarının dalga boyuna yakın bir büyüklüğe getirildiğinde ($\lambda \approx w$) doğrusal dalgalar, engelin arkasına geçerken hafif büküldüğünden kırınım olayı kısmen gerçekleşmiş olur (Şekil 3.2: b).

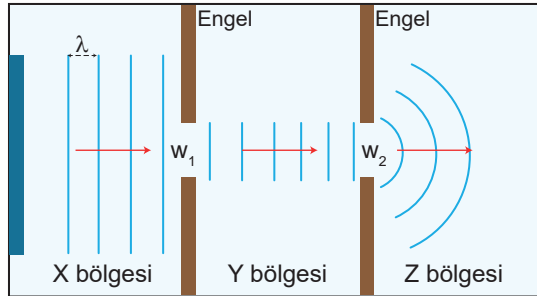
Engeller arası uzaklık biraz daha küçültülerek su dalgalarının dalga boyundan daha küçük ($\lambda > w$) hâle getirildiğinde ise kırınım net olarak gerçekleşir ve dalgalar daha çok bükülerek yayılır (Şekil 3.2: c).



Şekil 3.2: a, b, c) Doğrusal dalgaların engeller arasındaki açıklıktan geçişi

Örnek

X, Y ve Z bölgelerinden oluşan derinliği sabit bir dalga leğeninde X bölgesinde üretilen λ dalga boyulu doğrusal su dalgalarının yarık aralıkları w_1 ve w_2 olan engellerden geçişi şekildeki gibidir.



Buna göre λ , w_1 ve w_2 büyüklükleri arasındaki ilişki nedir?

Çözüm

X bölgesinde üretilen dalgalar engel aralığı w_1 olan engelden Y bölgesine doğrusal olarak geçtiğine göre $w_1 > \lambda$ olmalıdır. Dalgalar, Y bölgesinden Z bölgesine geçerken w_2 engel aralığından gelen dairesel dalgalar gibi bükülerek kırınım olayı gerçekleştirdiğine göre $\lambda > w_2$ dir. Bu nedenle cevap $w_1 > \lambda > w_2$ olur.

Sıra Sizde - 1

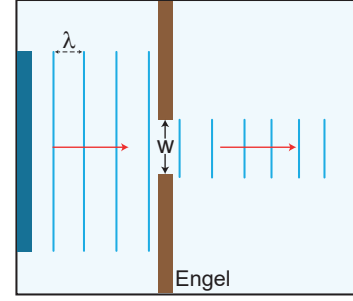
Derinliği sabit bir dalga leğeninde doğrusal dalga kaynağının ürettiği λ dalga boyu su dalgalarının yarık aralığı w olan engeller arasından geçişi şekildeki gibidir.

Buna göre

- I. w büyütülmesi
- II. Dalga kaynağının frekansının azaltılması
- III. Leğene bir miktar su eklenmesi

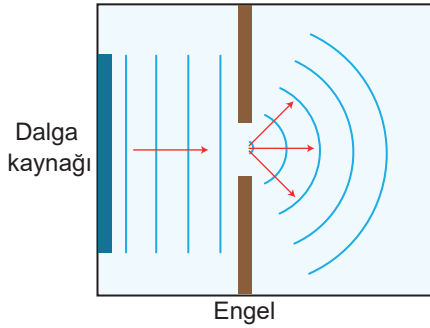
işlemlerinden hangileri tek başına yapılırsa kırınım olayı gerçekleşebilir?

Çözüm



Sıra Sizde - 2

Derinliği sabit bir dalga leğeninde doğrusal dalga kaynağının ürettiği su dalgaları iki engelin arasından şekildeki gibi bükülerek geçmektedir.



Buna göre şekildeki kırınım deseninin oluşmasında

- I. Dalgaların frekansı
- II. Dalga leğenindeki su derinliği
- III. Dalga kaynağı ile engeller arasındaki uzaklık

niceliklerinden hangilerinin etkisi yoktur?

Çözüm

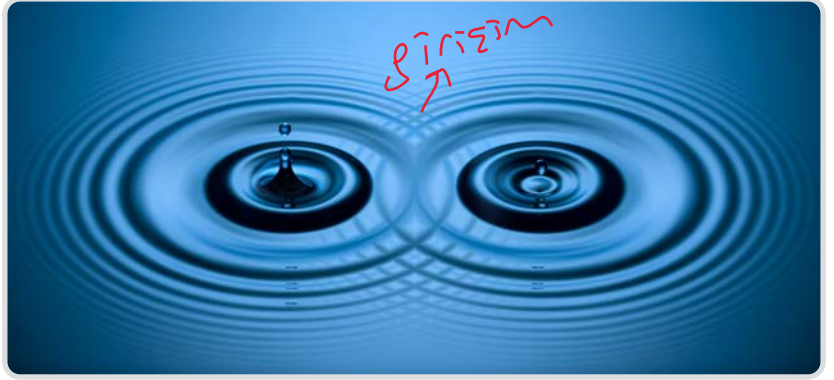
3.1.2. Su Dalgalarında Girişim Olayı

Durgun bir su birikintisi üzerine düşen yağmur damlalarının su yüzeyinde oluşturduğu dairesel su dalgalarının görüntüsü Görsel 3.3'teki gibidir.



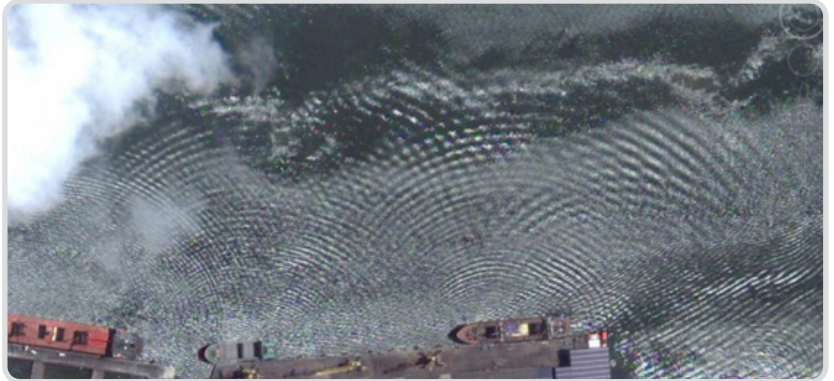
Görsel 3.3: Durgun bir su birikintisi üzerine düşen yağmur damlaları

Havuz ya da göle birbirine yakın noktalarda atılan iki küçük taşın su yüzeyinde oluşturduğu dairesel dalgalar, birbirini içinden geçerken Görsel 3.4'teki gibi bir görüntü oluşturur.



Görsel 3.4: İki kaynaktan yayılan dairesel dalgaların girişimi

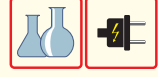
İki ya da daha fazla sayıda dalganın birbiri içerisinde geçmesi olayına **girişim** denir. Girişim yapan dalgaların oluşturduğu desene de **girişim deseni** denir (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Girişim deseni

Su dalgalarında girişim olayını gözlemlemek için "Su dalgalarında girişim" deneyini yapınız.

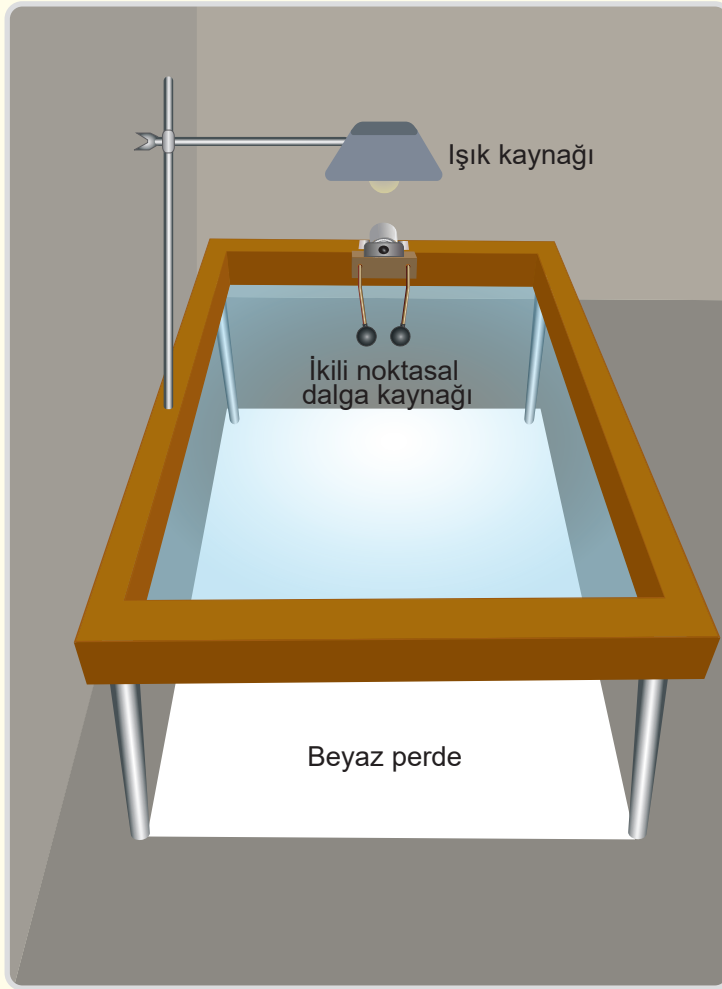
2. DENEY



Deneyin Adı	Su dalgalarında girişim
Deneyin Amacı	Su dalgalarında girişim olayının gözlemlenmesi
Deneyde Kullanılan Araçlar	<ul style="list-style-type: none"> • Dalga leğeni takımı • İkili noktasal dalga kaynağı • Beyaz perde

DENEY

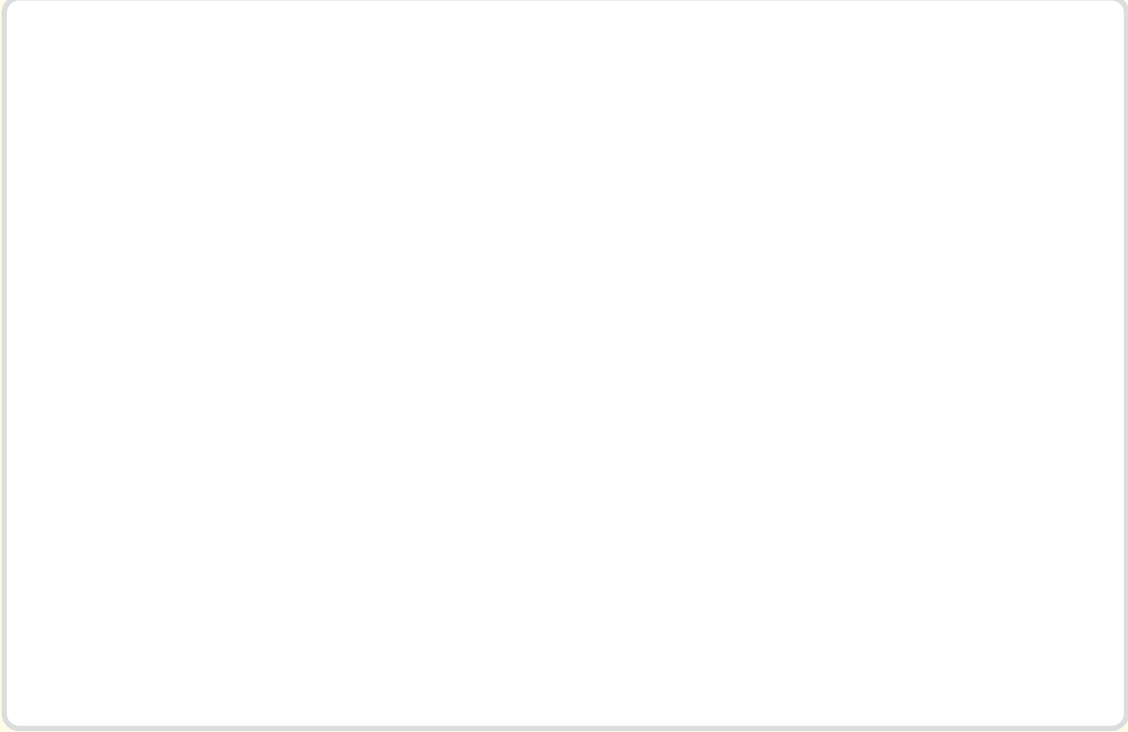
Deney Düzenliğinin Hazırlanışı



1. **Adım:** Dalga leğeni şeklindeki gibi hazırlayınız.
2. **Adım:** Beyaz perdeyi, dalga leğenin zeminini tamamen kaplayacak şekilde yerleştiriniz.
3. **Adım:** Dalga leğeni derinliği 2 cm olacak şekilde su ile doldurunuz.
4. **Adım:** Öğretmeninizin yardımıyla özdeş ikili noktasal dalga kaynağını dalga leğene yerleştiriniz.
5. **Adım:** Bağlantı kablolarıyla güç kaynağını noktasal dalga kaynağına bağlayınız.

Deneyin Yapılışı

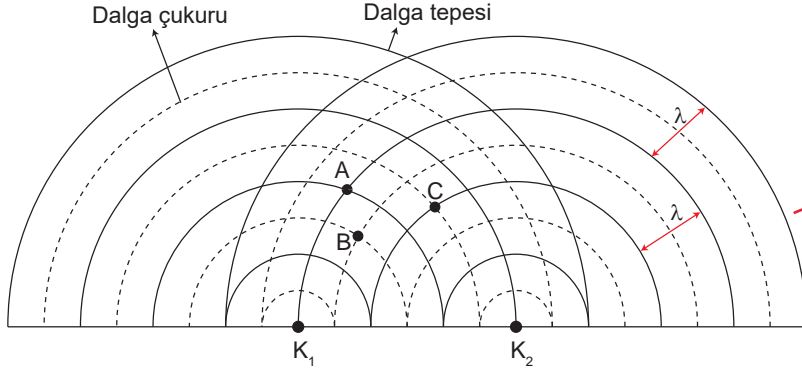
1. **Adım:** İkili noktasal dalga kaynağını çalıştırarak dairesel su dalgaları elde ediniz.
2. **Adım:** Dalga leğenin altındaki beyaz perde üzerinde oluşan görüntüyü aşağıdaki bölgeye çiziniz.



Sonuç ve Değerlendirme

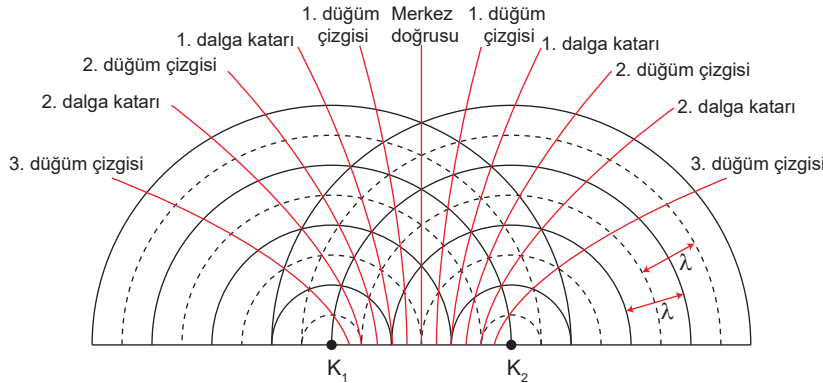
1. Perdenin üzerinde oluşan aydınlık ve karanlık noktaları nasıl açıklarsınız?
2. Perdenin üzerinde oluşan görüntüde aydınlık ve karanlık noktaların kendi içlerinde bir hat oluşturduğunu gözlemleyebildiniz mi? Açıklayınız.

Bir dalga leğeninde aynı anda çalıştırılan özdeş iki noktasal dalga kaynağının ürettiği dalgaların oluşturduğu girişim deseni Görsel 3.6'daki gibidir. Dairesel su dalgalarının birbiri içinden geçerken dalga tepeleri ve dalga çukurları bazı noktalarda birbirini güçlendirir, bazı noktalarda da birbirini söndürür.



Şekil 3.3: Girişim deseni üzerindeki bazı noktalar

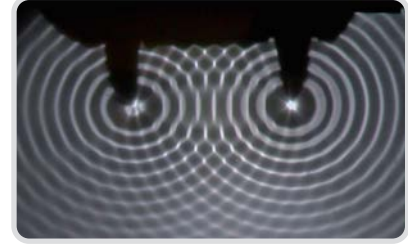
Aynı anda çalıştırılan özdeş K_1 ve K_2 noktasal su dalgası kaynaklarının ürettiği dairesel su dalgalarının oluşturulduğu girişim deseni (Şekil 3.3) seçilen A noktasında olduğu gibi iki dalga tepesinin üst üste binmesiyle maksimum genlikle titreşen aydınlık noktalara **çift tepe**, B noktasındaki gibi iki dalga çukurunun üst üste binmesiyle oluşan ve maksimum genlikle titreşen karanlık noktalara **çift çukur** ve C noktasında olduğu gibi tepe ve çukurların üst üste gelmesiyle oluşan titreşimsiz noktalara da **düğüm noktası** denir.



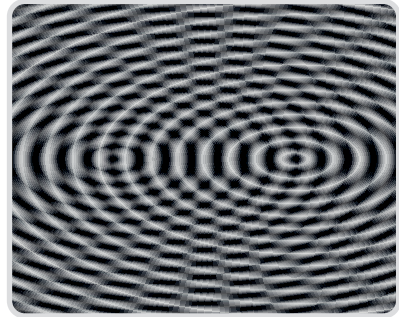
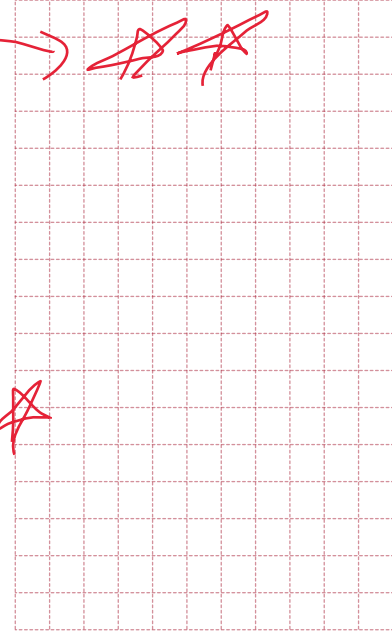
Şekil 3.4: Girişim deseni üzerinde dalga katarı ve düğüm çizgilerinin çizimi

Dalga leğeninde oluşan girişim deseni (Görsel 3.7) çift tepe ve çift çukur noktalarının bir hat oluşturduğu görülür. Çift tepe ve çift çukur noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen çizgilere **dalga katarı** ya da **karın çizgisi** denir (Şekil 3.4). Kaynaklar arasındaki uzaklığı iki eşit parçaya bölen bu doğru üzerinde oluşan katara **merkezi dalga katarı** ya da **0. (sıfırıncı) dalga katarı** denir.

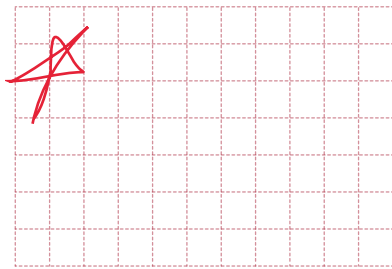
Benzer şekilde düğüm noktaları işaretlenip birleştirildiğinde elde edilen çizgilere de **düğüm çizgisi** denir (Şekil 3.4).



Görsel 3.6: İki noktasal kaynağın oluşturduğu girişim deseni



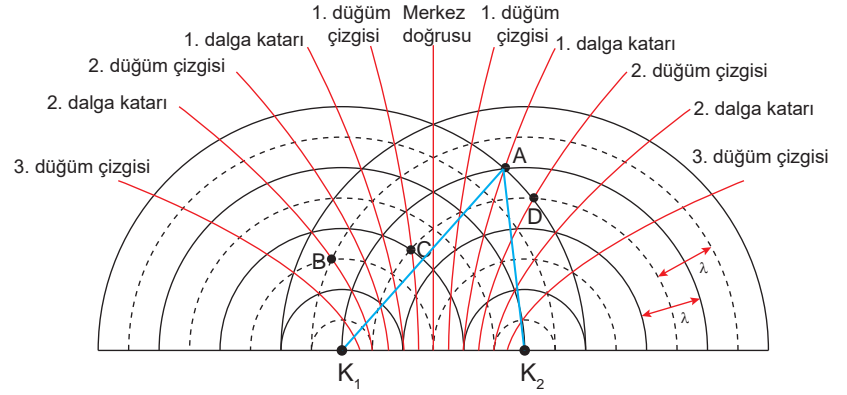
Görsel 3.7: Girişim deseni üzerinde dalga katarı ve düğüm çizgilerinin görünümü



Oluşan girişim çizgilerinin özellikleri aşağıda verilmiştir.

1. Merkez doğrusuna göre simetrik ve eşit sayıdadır.
2. Kaynaklar üzerinde ve kaynakların dışında gözlenmez.
3. Ardışık bir dalga katarıyla düğüm çizgisi arasındaki uzaklık, oluşturulan dalgaların dalga boyunun $\frac{1}{4}$ katıdır.
4. Ardışık iki dalga katarı ya da iki düğüm çizgisi arasındaki uzaklık, oluşturulan dalgaların dalga boyunun $\frac{1}{2}$ katıdır.
5. Çizgi sayısı kaynaklar arası uzaklık ile doğru, dalgaların dalga boyu ile ters orantılıdır.

Girişim deseni üzerinde seçilen bir noktaya, özdeş kaynaklardan gelen dalgaların aldığı yolların farkına **yol farkı** (ΔS) denir. Yol farkı seçilen noktanın hangi girişim çizgisi üzerinde olduğunu belirlemesine yardımcı olur.



Şekil 3.5: Girişim deseni üzerinde bazı noktalar ve A noktası için yol farkı

Girişim deseni üzerinde seçilen bazı noktaların K_1 ve K_2 dalga kaynaklarına uzaklıkları λ cinsinden ifade edilirse I. dalga katarı üzerindeki A noktasının K_1 kaynağına uzaklığı 4λ , K_2 kaynağına uzaklığı 3λ dir (Şekil 3.5).

A noktasının yol farkı $\Delta S = AK_1 - AK_2$ den $\Delta S = 4\lambda - 3\lambda = \lambda$ dir.

2. dalga katarı üzerindeki B noktasının K_1 kaynağına uzaklığı $1,5\lambda$, K_2 kaynağına uzaklığı $3,5\lambda$ dir.

Yol farkı $\Delta S = BK_2 - BK_1$ den $\Delta S = 3,5\lambda - 1,5\lambda = 2\lambda$ olur.

Bu açıklamalardan yola çıkılarak "Desen üzerinde seçilen bir noktanın kaynaklara olan uzaklıkları arasındaki fark, dalga boyunun tam katları ise seçilen nokta, dalga katarı üzerinde bir noktadır. Bu tam sayı, kaçınıcı dalga katarı üzerinde olduğunu gösterir." şeklinde çıkarımda bulunulabilir.

1. düğüm çizgisi üzerindeki C noktasının K_1 kaynağına uzaklığı 2λ , K_2 kaynağına uzaklığı $2,5\lambda$ dir. Yol farkı $\Delta S = CK_2 - CK_1$ den $\Delta S = 2,5\lambda - 2\lambda = \frac{1}{2}\lambda$ olur.

$$\Delta S = n\lambda$$

(n. dalga katarı üzerinde)

2. düğüm çizgisi üzerindeki D noktasının K_1 kaynağına uzaklığı 4λ , K_2 kaynağına uzaklığı $2,5\lambda$ dir. Yol farkı $\Delta S = DK_1 - DK_2$ den $\Delta S = 4\lambda - 2,5\lambda = \frac{3}{2}\lambda$ olur.

“Desen üzerinde seçilen bir noktanın kaynaklara olan uzaklıkları arasındaki fark, dalga boyunun buçuklu katları şeklinde ise seçilen nokta, düğüm çizgisi üzerinde bir noktadır.” çıkarımında bulunulabilir.

$$\Delta S = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

↓
(n. düğüm çizgisi üzerinde)

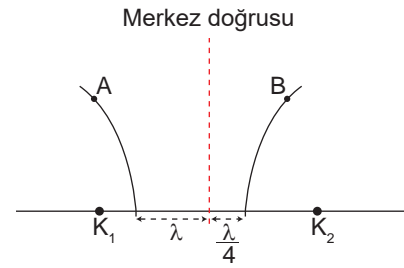
Örnek

Aynı anda titreşen özdeş noktasal K_1 ve K_2 kaynaklarının ürettiği su dalgalarının oluşturduğu girişim desenindeki bazı girişim çizgileri şekildedeki gibidir.

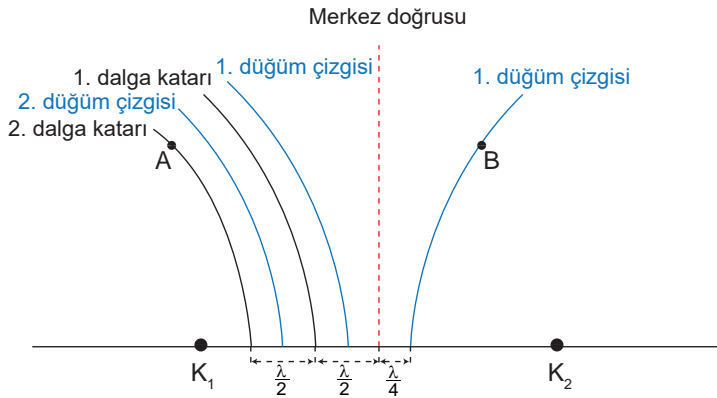
Kaynakların ürettiği dalgaların dalga boyu λ olduğuna göre girişim çizgileri üzerinde seçilen A ve B noktaları için

- I. A noktası dalga katarı üzerindedir.
- II. B noktası düğüm çizgisi üzerindedir.
- III. A noktası bir çift tepe noktası olabilir.

ifadelerinde hangileri doğrudur?



Çözüm



Merkez doğrusu 0. dalga katarı üzerinde oluşur. Kaynakları birleştiren doğru üzerinde ardışık iki dalga katarı arası uzaklık $\frac{\lambda}{2}$ nin katlarına eşit olduğu için A noktası dalga katarı üzerindedir (I. öncül doğrudur.).

Kaynakları birleştiren doğru üzerinde ardışık bir dalga katarı ile bir düğüm çizgisi arası uzaklık $\frac{\lambda}{4}$ ün katlarına eşit olduğu için B noktası da bir düğüm çizgisi üzerindedir (II. öncül doğrudur.).

Seçilen A noktası bir dalga katarı üzerinde olduğuna göre çift tepe ya da çift çukur olabilir (III. öncül doğrudur). Buna göre cevap I, II ve III'tür.

1. ETKİNLİK

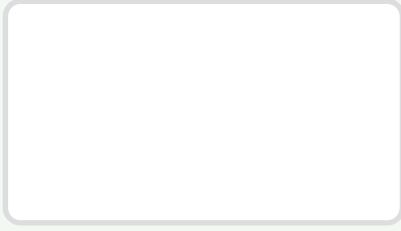
Etkinliğin Adı	Çift yarıktaki girişim
Etkinliğin Amacı	Işığın çift yarıktaki girişimi sonucunda oluşan girişim deseninin çizilmesini sağlamak
Kullanılan Malzemeler	Bilgisayar, tablet veya etkileşimli tahta

Etkinliğin Hazırlanışı

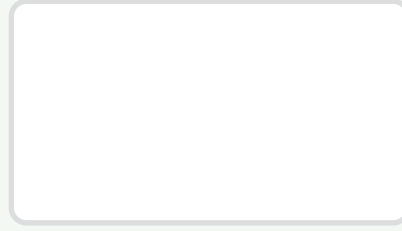


1. Adım: Karekodu okutarak ışığın çift yarıktaki girişimi simülasyonunu açınız.

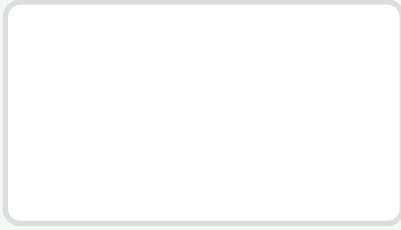
2. Adım: Kırmızı renkli ışığı seçerek perde üzerindeki girişim desenini aşağıdaki bölgeye çiziniz.



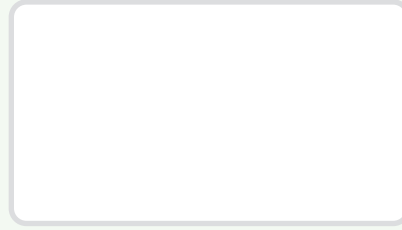
3. Adım: Yeşil renkli ışığı seçerek perde üzerindeki girişim desenini aşağıdaki bölgeye çiziniz.



4. Adım: Çift yarıklar arasındaki uzaklığı artırarak perde üzerindeki deseni aşağıdaki bölgeye çiziniz.



5. Adım: Ekran ile yarık düzlemi arasındaki uzaklığı artırınız. Perde üzerindeki deseni aşağıdaki bölgeye çiziniz.



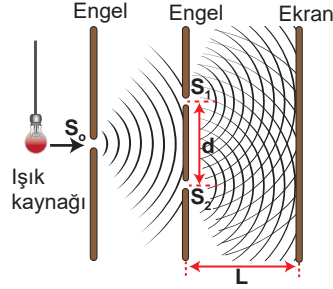
Etkinliğin Sonuçlandırılması

- Etkinliğin 2. adımında çizdiğiniz girişim deseniyle 3. adımında çizdiğiniz girişim deseni arasındaki farklar nelerdir?
- Etkinliğin 3 ve 4. adımında gözlemediğiniz girişim desenleri arasındaki farklar nelerdir? Açıklayınız.
- Etkinliğin 3 ve 5. adımında gözlemediğiniz girişim desenleri arasındaki farklar nelerdir? Açıklayınız.
- Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışınız.

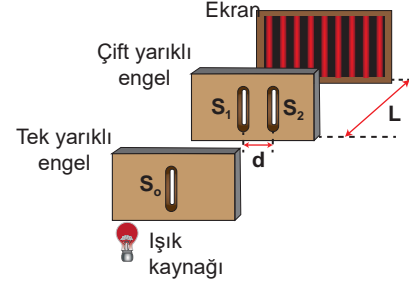


Görsel 3.8: Thomas Young (Temsilli resmi)

Işık dalgalarında girişim olayı ilk kez 1801 yılında Thomas Young (Tamis Yang) tarafından ortaya konulmuştur (Görsel 3.8). Young, yaptığı deneyde ışık ışınlarının uygun koşullarda birbiriyle girişim yaptığını göstererek ışığın dalga doğasını açıklamıştır.



Şekil 3.6: Young deneyi



Şekil 3.7: Işığın çift yarıktaki girişim deseninin ekrandaki görünümü

Karanlık bir odada hava ortamında yapılan Young deneyinde ışık ışınları tek yarıkli bir engelden geçerek S₁ ve S₂ yarıkli engele ulaşır (Şekil 3.6). Aynı anda çalıştırılan iki ışık kaynağı gibi davranan bu iki yarıkliktan geçen ışık ışınları, ekranda aydınlık ve karanlık saçaklar oluşturur (Şekil 3.7).

Oluşan tüm saçakların genişliği aynıdır. Yarıkların orta dikmesi üzerinde ve genişliği diğer saçakların genişliği ile aynı olan merkezî aydınlık saçak (A₀) oluşur. Merkezî aydınlık saçığın iki tarafında simetrik olarak karanlık ve aydınlık bölgeler sıralanır. Aydınlık bölgelere **aydınlık saçak**, karanlık bölgelere **karanlık saçak** denir.

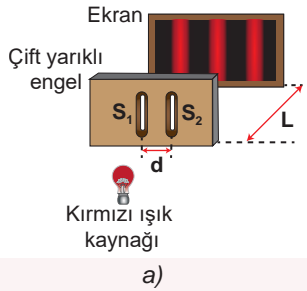
Ardışık iki aydınlık ya da karanlık saçak arasındaki mesafeye **saçak genişliği** denir. Saçak genişliği Δx sembolüyle gösterilir (Şekil 3.8).



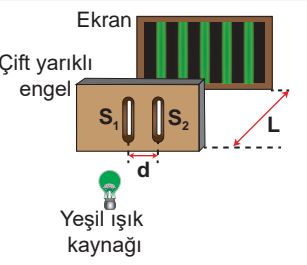
Şekil 3.8: Işığın çift yarıktaki girişim desenindeki saçaklar ve saçak genişliği

Saçak genişliği kullanılan ışığın rengine yani dalga boyuna (λ), yarıklar arası uzaklığa (d) ve yarık düzlemi ekran arasındaki uzaklığa (L) bağlıdır.

Işığın dalga boyu büyüdükçe saçak genişliği büyür. Kırmızı ve yeşil ışığın aynı çift yarık düzlemine gönderilmesiyle elde edilen saçak görüntüleri Şekil 3.9: a ve b'deki gibidir. Kırmızı ışığın dalga boyu, yeşil ışığın dalga boyundan büyük olduğundan saçak genişlikleri de daha büyüktür.



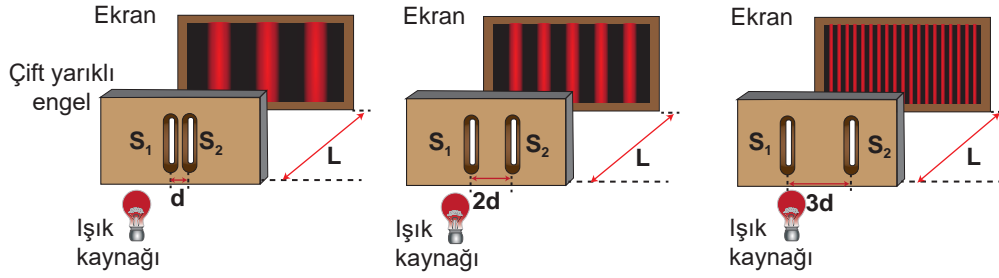
a)



b)

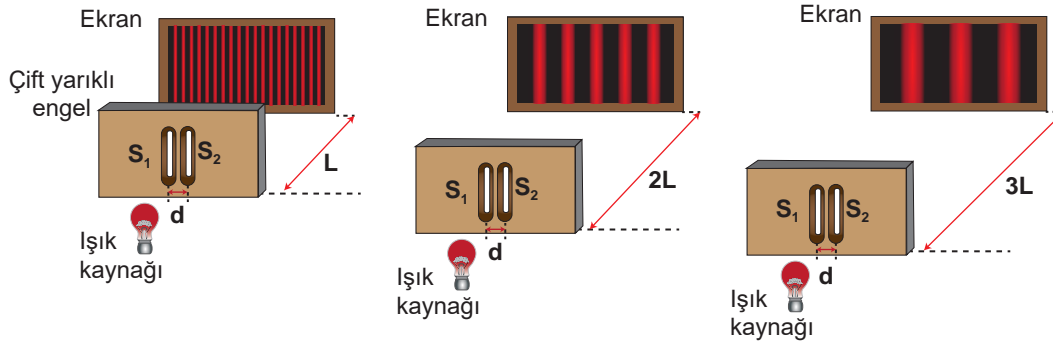
Şekil 3.9: a) Kırmızı ışığın çift yarıktaki girişim deseni
b) Yeşil ışığın çift yarıktaki girişim deseni

Yarıklar arası uzaklık artırıldıkça saçak genişliği azalır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Yarıklar arası uzaklığı farklı olan çift yarıklı girişim deneyinde kırmızı ışığın girişim deseni

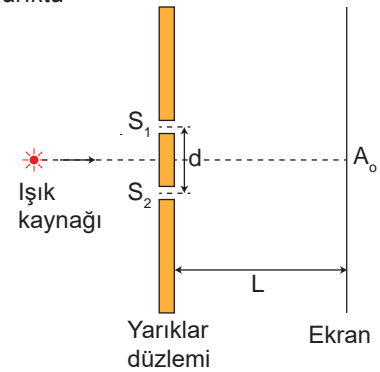
Saçak genişliğini değiştiren etkenlerden biri de yarık düzlemiyle ekran arasındaki uzaktır. Uzaklık arttıkça saçak genişliği büyür (Şekil 3.11).



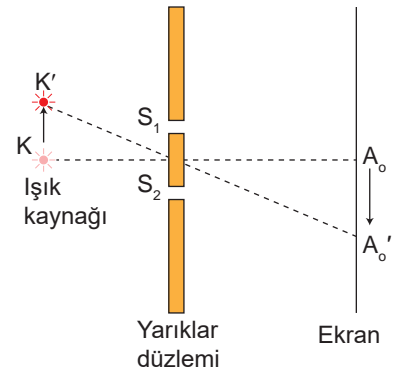
Şekil 3.11: Yarık düzlemi ile ekran arası uzaklığı farklı olan çift yarıklı girişim deneyinde kırmızı ışığın girişim deseni

Işığın Çift Yarıklı Girişimine Etki Eden Diğer Değişkenler

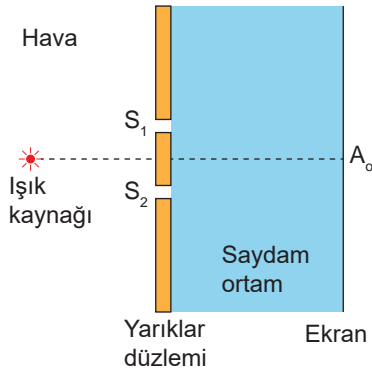
1. Işık kaynağının ışık şiddeti artırılırsa girişim deseninin yerinde ve saçak genişliğinde değişiklik olmaz. Işık akısı artacağından aydınlık saçakların parlaklığı artar.
2. Işık kaynağı yarık düzlemine yaklaştırılırsa girişim deseninin yerinde ve saçak genişliğinde bir değişiklik olmaz. Işık akısı artacağından aydınlık saçakların parlaklığı artar (Şekil 3.12).
3. Işık kaynağı yarık düzlemine paralel hareket ettirilerek K noktasından K' noktasına çekildiğinde ışık kaynağı S₂ yarığında uzaklaştığı için S₂ yarığına ışık daha geç ulaşır. Birbirine doğru aynı büyüklükteki hızla harekete geçen araçların, harekete geç başlayan araca yakın bir noktada buluşması gibi girişim desenini oluşturan noktalar da geciken kaynak tarafına kayar. Bu nedenle merkezî aydınlık saçak A₀' noktasında oluşur (Şekil 3.13). Saçak genişliği değişmez.



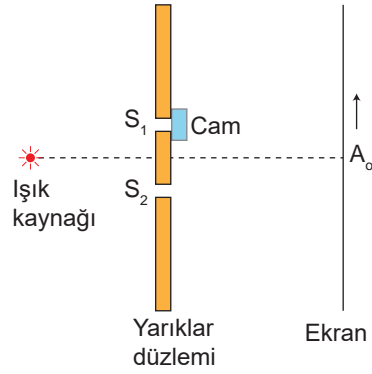
Şekil 3.12: Işık kaynağının yarık düzlemine yaklaştırılması



Şekil 3.13: Işık kaynağının yarık düzlemine paralel hareket ettirilmesi



Şekil 3.14: Yarıklar düzlemiyle ekran arasına saydam ortam konulması

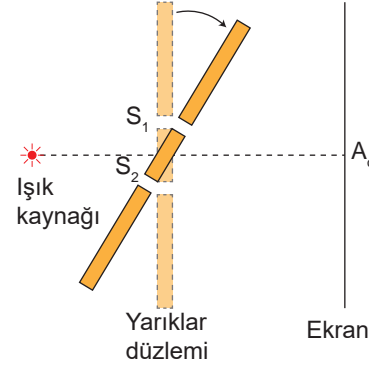


Şekil 3.16: S_1 yarığı önüne cam yerleştirildiğinde merkezî aydınlık saçığın kayma yönü



4. Yarıklar düzlemi ile ekran arası kırıcılık indisi havaya göre daha büyük olan saydam bir ortama doldurulursa havadan saydam ortama geçen ışığın ortalama hızı azalır ve dalga boyu küçülür. Bu nedenle saçık genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez (Şekil 3.14).

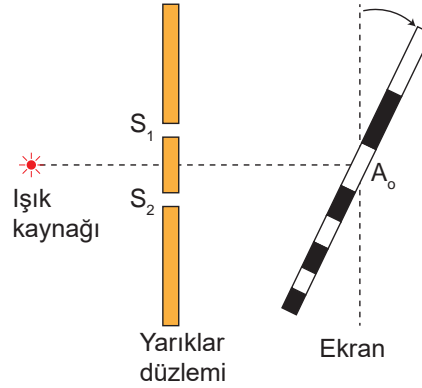
5. Yarıklar düzlemi döndürülürse yarıklar arasındaki dik uzaklık azalacağından saçık genişliği artar. Merkezî aydınlık saçığın yerinin değişip değişmeyeceği hakkında kesin bir şey söylenemez (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: Yarıklar düzleminin döndürülmesi

6. Yarıklardan birinin önüne saydam madde konulursa S_1 yarığından geçen ışık geç kalır. Bu nedenle merkezî aydınlık saçık S_1 yarığı tarafına kayar. Saçık genişliği değişmez (Şekil 3.16).

7. Ekran döndürülürse ekranın yarıklardan uzaklaşan bölümünde saçık genişlikleri artarken yarıklara yaklaşan bölümünde saçık genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: Ekranın döndürülmesi

Örnek

Işığın çift yarıklar girişimi deneyinde saçık genişliğini artırmak için

- I. Kullanılan ışığın dalga boyunu küçültmek (λ)
- II. Ekran ile yarıklar düzlemi arasındaki uzaklığı artırmak (L)
- III. Yarıklar arasındaki uzaklığı azaltmak (d)

işlemlerinden hangileri tek başına yapılabilir?

Çözüm

Saçak genişliği ışığın dalga boyu ve ekranla yarık düzlemi arasındaki uzaklık ile doğru, yarıklar arası uzaklık ve ortamın kırıcılık indisiyle ters orantılıdır. Dalga boyu büyük olan ışık kullanılmalıdır. Bu nedenle I. öncül yanlıştır. II ve III. öncüller doğrudur.

Sıra Sizde - 5

Hava ortamında yapılan şekildeki ışığın çift yarıқта girişimi deneyinde merkezî aydınlık saçığın ok yönünde kayması için

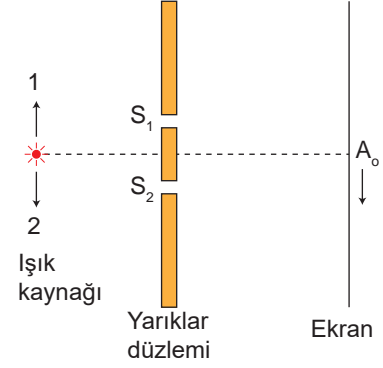
- Işık kaynağı 1 yönünde hareket ettirilmelidir.
- S_1 yarığı önüne saydam madde konulmalıdır.
- Yarıklar düzlemiyle ekran arası su ile doldurulmalıdır.

işlemlerinden hangileri tek başına yapılabilir?

Çözüm

Empty grid for solution.

Empty grid for solution.



Empty grid for solution.

Sıra Sizde - 6

Hava ortamında yapılan çift yarıқта kırınım deneyi düzeneğinde yeşil ve mavi renkli ışıklar aynı anda kullanılıyor.

Buna göre ekran üzerinde hangi renkte saçaklar oluşabilir?

Çözüm

Empty grid for solution.

3.1.4. Işığın Tek Yarıқта Kırınımına Etki Eden Değişkenler

Doğrusal su dalgalarının dalga boylarına eşit ya da dalga boylarından daha küçük aralığa sahip yarıklardan geçerken bükülerek yollarına devam ettiği ve bu olaya kırınım denildiği ifade edilmişti.

Işık da tek yarıktan geçerken su dalgaları gibi yarık kenarlarından bükülerek yoluna devam eder mi?

Işığın tek yarıқта kırınımına etki eden değişkenleri belirlemek için "Işığın tek yarıқта kırınımı" etkinliğini yapınız.

2. ETKİNLİK

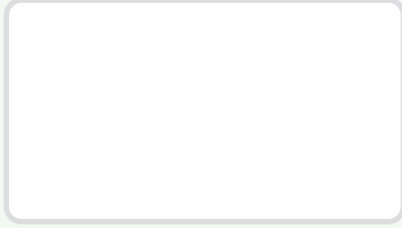
Etkinliğin Adı	Işığın tek yarıktaki kırınımı
Etkinliğin Amacı	Işığın tek yarıktaki kırınımı sonucunda ekranda oluşan desenin çizilmesini sağlamak
Kullanılan Malzemeler	Bilgisayar, tablet veya etkileşimli tahta

Etkinliğin Hazırlanışı

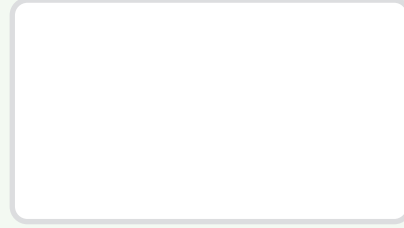


1. Adım: Karekodu okutarak ışığın tek yarıktaki kırınımı simülasyonunu inceleyiniz.

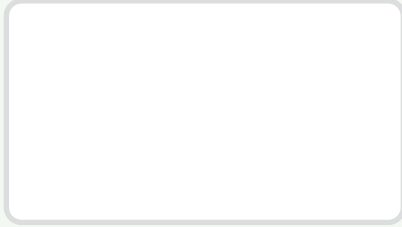
2. Adım: Kırmızı renkli ışığı seçerek oluşan kırınım desenini inceleyiniz. Deseni aşağıdaki bölgeye çiziniz.



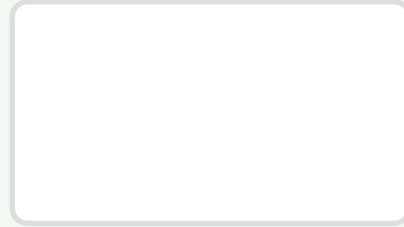
3. Adım: Yeşil renkli ışığı seçerek oluşan kırınım desenini inceleyiniz. Deseni aşağıdaki bölgeye çiziniz.



4. Adım: Yeşil ışığı değiştirmeden yarık genişliğini artırınız. Deseni inceleyip görüntüsünü aşağıdaki bölgeye çiziniz.



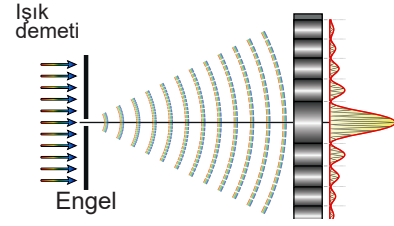
5. Adım: Işığın rengini ve yarık genişliğini değiştirmeden ekranı yarıktan uzaklaştırınız. Deseni inceleyip görüntüsünü aşağıdaki bölgeye çiziniz.



Etkinliğin Sonuçlandırılması

- Etkinliğin 2 ve 3. adımlarında çizdiğiniz kırınım desenlerini karşılaştırınız. Desenlerin arasındaki farkları belirleyiniz.
- Etkinliğin 3 ve 4. adımlarında çizdiğiniz kırınım desenlerini karşılaştırınız. Desenlerin arasındaki farkları belirleyiniz.
- Etkinliğin 3 ve 5. adımlarında çizdiğiniz kırınım desenlerini karşılaştırınız. Desenlerin arasındaki farkları belirleyiniz.
- Elde ettiğiniz sonuçları arkadaşlarınızla tartışınız.

“Işığın tek yarıktaki kırınımı” etkinliğinde görüldüğü gibi ışık dar bir aralıktan geçerken yarığın köşelerine yakın bölgelerde su dalgaları gibi bükülerek yollarına devam eder. Yarığı geçen ışık her yöne dağılır ve ekran üzerinde aydınlık ve karanlık bölgeler oluşturur (Şekil 3.18).



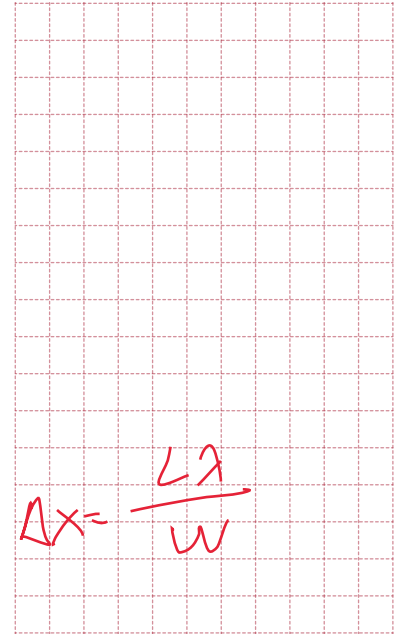
Şekil 3.18: Tek yarıktaki kırınım olayı ve oluşan saçaklar

Ekran üzerinde oluşan desen, ışığın çift yarıktaki girişimi sonucunda oluşturduğu girişim desenine benzer özellik gösterir. Ancak desenin merkezindeki merkezî aydınlık saçak, diğer saçaklara göre daha parlak ve geniştir. Merkezî aydınlık saçığın iki tarafında sırasıyla karanlık ve aydınlık saçaklar oluşur. Merkezî aydınlık saçak dışında ardışık iki aydınlık ya da karanlık saçak arası mesafeye **saçak genişliği** denir. Saçak genişliği Δx sembolüyle gösterilir. Merkezî aydınlık saçığın genişliği $2\Delta x$ tir. (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Tek yarıktaki girişim deseni

Saçak genişliği kullanılan ışığın dalga boyuna bağlıdır. Işığın dalga boyu büyüdükçe saçak genişliği artar. Kırmızı ve yeşil renkli ışınların aynı tek yarığın üzerine gönderilmesi sonucunda gözlenen saçak genişlikleri Şekil 3.20: a ve b'deki gibidir. Kırmızı ışığın dalga boyu, yeşil ışığın dalga boyundan büyük olduğu için kırmızı ışık kullanılarak elde edilen saçak genişlikleri daha büyüktür.



Merkezî aydınlık saçak

a)



Merkezî aydınlık saçak

b)

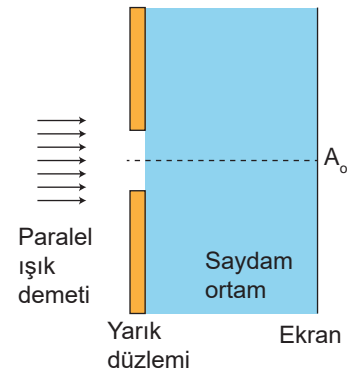
Şekil 3.20: a) Kırmızı ışığın kırınım deseni b) Yeşil ışığın kırınım deseni

Saçak genişliği yarığın genişliğine bağlı olarak da değişir. Yarığın genişliği arttıkça saçak genişliği azalır.

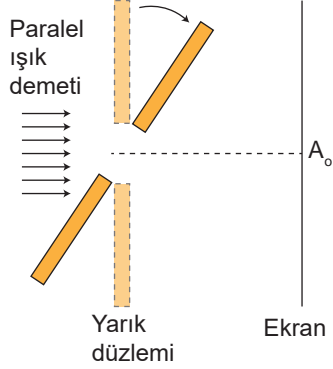
Saçak genişliğini etkileyen değişkenlerden biri de ekran ile yarığın düzlemi arası uzaklıktır. Ekran ile yarığın düzlemi arası uzaklık arttıkça saçak genişliği artar.

Işığın Tek Yarıktaki Kırınımına Etki Eden Diğer Değişkenler

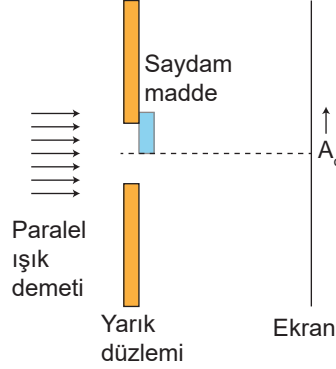
1. Işık kaynağının ışık şiddeti artırılırsa saçak parlaklıkları artar. Ancak saçak genişlikleri veya saçakların yerinde herhangi bir değişiklik olmaz.
2. Yarığın düzlemi ile ekran arası kırıcılık indisi havaya göre daha büyük olan saydam bir ortamla doldurulursa ışığın hızı azalır ve dalga boyu küçülür. Bu nedenle saçak genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez (Şekil 3.21).



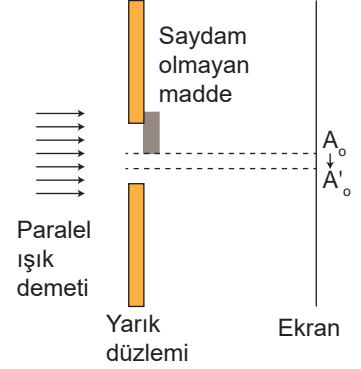
Şekil 3.21: Yarığın düzlemi ile ekran arasında havadan daha yoğun saydam ortam bulunması



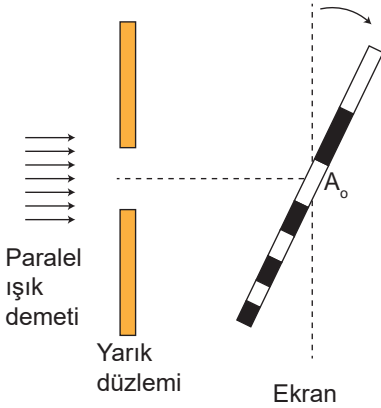
Şekil 3.22: Yarık düzleminin ok yönünde döndürülmesi



Şekil 3.23: Yarığın üst kısmına konulmuş saydam madde



Şekil 3.24: Yarığın üst kısmına konulmuş saydam olmayan madde



Şekil 3.25: Ekranın döndürülmesi

3. Yarık düzlemi döndürülürse yarıklar arasındaki dik uzaklık azalacağından saçak genişliği artar. Merkezî aydınlık saçığının ve girişim deseninin yerinin değişip değişmeyeceği hakkında kesin bir şey söylenemez (Şekil 3.22).

4. Yarık önüne şekildeki gibi saydam madde konulduğunda üst kısımdan geçen ışınlar geç kalır. Merkezî aydınlık saçak yukarı doğru kayar. Saçak genişliği değişmez (Şekil 3.23).

5. Yarık önüne saydam olmayan bir cisim konursa yarık genişliği küçülmüş olur. Saçak genişlikleri büyür. Merkezî aydınlık saçak oluşan yeni yarığın orta dikmesi üzerine kayar (Şekil 3.24).

6. Ekran döndürülürse ekranın yarıklara uzaklaşan bölümünde saçak genişlikleri artarken yarıklara yaklaşan bölümünde saçak genişliği azalır. Merkezî aydınlık saçığının yeri değişmez (Şekil 3.25).

Sıra Sizde - 7

Işığın tek yarıktaki girişim deneyinde yarık düzlemi saat yönünde bir miktar döndürülüyor.

Buna göre

- Saçak genişlikleri artar.
- Merkezî aydınlık saçak 1 yönünde kayar.
- Ekranın alabileceği saçak sayısı artar.

yargılarından hangileri **kesinlikle doğrudur**?

Çözüm

3.1.5. Işığın Dalga Doğası

Su dalgalarında gözleendiği gibi dalgaların keskin kenarlardan ya da bir açıklıktan geçerken bükülerek yoluna devam etmesi, ikiden fazla dalganın birbiri içerisinde geçişi sırasında oluşan girişim deseni gibi olaylar, incelenen fiziksel niceliğin dalga özelliğine sahip olduğunu gösterir.

Çift yarık üzerine ve tek yarık üzerine düşürülen ışığın ekranda aydınlık ve karanlık saçaklar oluşturması ışığın kırınım ve girişim olaylarını gerçekleştirdiğini gösterir. Bu olaylardan hareketle ışığın dalga doğasına sahip olduğu çıkarımı yapılır.

Sıra Sizde - 8

Öğretmen Sami Bey, öğrencilerine birbirine yakın iki yarık ve tek yarık üzerine ışık düşürüldüğünde ekranda oluşacak görüntülerin nasıl olabileceğini tahmin etmelerini ve bu tahminlerini defterlerine çizmelerini ister.

Sami Bey, öğrencilerin ışığın çift yarık üzerine düşürülmesiyle oluşacak görüntüyü Şekil I, tek yarık üzerine düşürülmesiyle Şekil II'deki gibi çizdiklerini görür.



Şekil I



Şekil II

Bunun üzerine ışığın çift yarıktaki girişimi ve tek yarıktaki kırınımı deneylerini yapan Sami Bey ve öğrencileri deney neticesinde çift yarık üzerine düşürülen ışığın Şekil III'teki gibi tek yarık üzerine düşürülen ışığın da Şekil IV'teki gibi görüntü oluşturduğunu görürler.



Şekil III



Şekil IV

Görüntülerin öğrencilerin bekledikleri gibi oluşmamasının sebebi nedir?

Çözüm

Çözüm için boş alan.

Çözüm için boş alan.

3.1.6. Işık ve Ses Dalgalarında Doppler Olayının Etkileri

Hatırlatma

Dalgaların frekansı sadece dalga kaynağının frekansına bağlıdır. Kaynağın özellikleri değişmediği sürece frekansı değişmez.

Hatırlatma

Dalgaların hızı sadece ortam özelliklerine bağlıdır. Aynı ortamdaki dalgaların hızları da aynıdır.

Hatırlatma

Ses havada yaklaşık 340 m/s hızla yayılır.

Hatırlatma

Frekansı düşük seslere **kalın ses** ya da **pes ses**, frekansı yüksek seslere **ince ses** ya da **tiz ses** denir.

Işık, ses ve su dalgalarında gözlenen frekanslar, kaynak ve gözlemci hareketine bağlı olarak farklı algılanır. Gözlenen frekanstaki bu değişim Christian Doppler (Krisçin Dopler) tarafından açıklandığı için **Doppler olayı** olarak adlandırılır.

Ambulansın size yaklaşması ve uzaklaşması sırasında siren sesinin nasıl değiştiğini fark ettiniz mi?

Duran bir ambulansın sireninden çıkan sesin frekansı sabittir. Yol kenarında bekleyen Mert ve Ceren'in işittiği sesin frekansı ambulans sireninden yayılan ses dalgalarının frekansıyla aynıdır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26: Ses kaynağı ve gözlemcilerin hareketsiz olması durumu

Ambulans Mert'e doğru hareket ettiğinde ambulansın sireninden yayılan sesin frekansıyla Mert ve Ceren'in işittiği sesin frekansları eşit olmaz (Şekil 3.27).



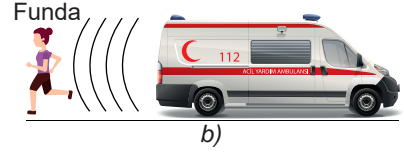
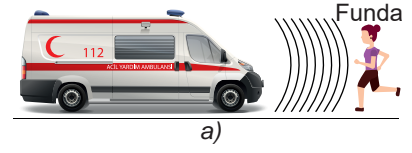
Şekil 3.27: Ses kaynağının hareketli ve gözlemcilerin hareketsiz olması durumu

Ambulans (ses kaynağı) Mert'e doğru yaklaştıkça sirenden yayılan sesin hızı değişmezken kaynaktan çıkan ses dalgaları Mert'e yaklaşır. Böylece önceden üretilen ses dalgaları birbirine yaklaşır ve Mert'in birim zamanda işittiği ses dalgalarının sayısı artar. Mert, ambulans duruyorken işittiği sesteki sesin daha ince bir ses işitir.

Ambulans Ceren'den uzaklaştıkça ses dalgalarının üretim noktaları da uzaklaşır. Böylece önceden üretilen ses dalgaları ile sonradan üretilen ses dalgaları arasındaki mesafe de sürekli artar. Ceren'in birim zamanda işittiği ses dalgası sayısı azalır. Ceren, ambulans duruyorken işittiği sesteki sesin daha kalın bir ses işitir.

Ambulansların üzerinde tanıtıcı işaretler olması onların uzaktan tanınmalarına yardımcı olur ve özel sirenleri de trafikte öncelik sağlar. Kendisine, ailesine çevresine karşı sorumluluk duygusu içinde olan bireylerin trafikte ambulanslara öncelik tanınması gerekmektedir.

Ses kaynağının hareketsiz, gözlemcinin hareketli olması durumunda gözlemci ses kaynağına yaklaşırken birim zamanda işittiği ses dalgası sayısı artacağından işittiği sesin frekansı, kaynağın ürettiği sesin frekansından büyüktür. Gözlemci ses kaynağından uzaklaşırken gözlemcinin birim zamanda işittiği sesin frekansı, kaynağın ürettiği sesin frekansından küçüktür. Bu durumda Funda'nın ambulansa yaklaşırken işittiği ses, ambulans dururken işittiği sese göre daha ince (Şekil 3.28: a), ambulansdan uzaklaşırken işittiği ses, ambulans dururken işittiği sese göre daha kalındır (Şekil 3.28: b).



Şekil 3.28: a) Gözlemci, hareketsiz ses kaynağına yaklaşırken
b) Gözlemci, hareketsiz ses kaynağından uzaklaşırken

Sıra Sizde - 9

Kendisine yaklaşmakta olan itfaiye aracına doğru ilerleyen bir motosikletlinin itfaiye aracına yaklaştığı süre boyunca duyduğu ses nasıl değişir? Açıklayınız.

Çözüm

Çözüm alanı boş bırakılmıştır. Sağ üst köşede bir kalem simgesi ve ortasında büyük bir kırmızı onay işareti (✓) yer almaktadır.

Doppler olayı hem kaynağın hem de gözlemcinin hareketli olması durumunda da gözlemlenebilir. Kaynak ve gözlemci birbirinden uzaklaşıyorsa işitilen sesin frekansı, kaynağın ürettiği sesin frekansından düşük, yaklaşıyorsa büyüktür.

İşitilen sesin frekansının kaynağın ürettiği sesin frekansından farklı olmasının sebeplerinden biri de ortamın hareketli olmasıdır. Rüzgârlı havalarda kaynağın ürettiği sesin frekansı ile işitilen sesin frekansı farklıdır.

Karayollarında arabaların hız sınırını aşıp aşmadıklarını kontrol eden trafik polislerinin kullandığı radarlar da elektromanyetik dalgaların Doppler olayından faydalanır. Radarın hareketli bir araca gönderdiği elektromanyetik dalgaların frekansı ile araçtan yansıyanların frekansında meydana gelen değişim miktarı, arabanın hızını belirler. Bu sayede arabanın hız sınırını aşıp aşmadığı tespit edilir (Görsel 3.9).

Dünya'dan uzaklaşan yıldızlardan gelen elektromanyetik dalgaların dalga boyunun büyümesi sonucunda algılanan ışığın rengi kırmızıya doğru yaklaşır. Bunun sonucunda "Yıldızlar, Dünya'dan ne kadar uzaktır ve ne kadar hızla uzaklaşır?" sorularına cevaplar bulunmuştur.

Tıpta görüntüleme için kullanılan ultrason cihazlarında da ses dalgalarında meydana gelen Doppler olayından faydalanılır. Ultrason cihazı, yüksek frekanslı ve insan kulağının işitemeyeceği ses dalgalarının doku ve organlardan geri yansması sırasında frekansta meydana gelen kaymadan yararlanılarak geliştirilmiştir (Görsel 3.10).



Görsel 3.9: Radarla hız kontrolü



Görsel 3.10: Ultrason cihazı

2. BÖLÜM

ELEKTROMANYETİK DALGALAR

Konular

- 3.2.1. Elektromanyetik Dalgaların Ortak Özellikleri
- 3.2.2. Elektromanyetik Spektruma Günlük Hayattan Örnekler

Anahtar Kavramlar

- Elektromanyetik dalga
- Elektromanyetik spektrum

- Elektromanyetik dalgaların oluşması ve ilerlemesi mekanik dalgalar ile aynı mıdır?
- Elektromanyetik dalgaların günlük hayattaki kullanım alanları neler olabilir?

Bu bölümde dalga spektrumunda yer alan dalga çeşitlerinin günlük hayatta kullanım alanlarından bahsedilecektir.

Elektromanyetik dalgaların ortak özellikleri açıklanacak ve günlük hayattan örneklerle ilişkilendirilecektir.

3.2.1. Elektromanyetik Dalgaların Ortak Özellikleri

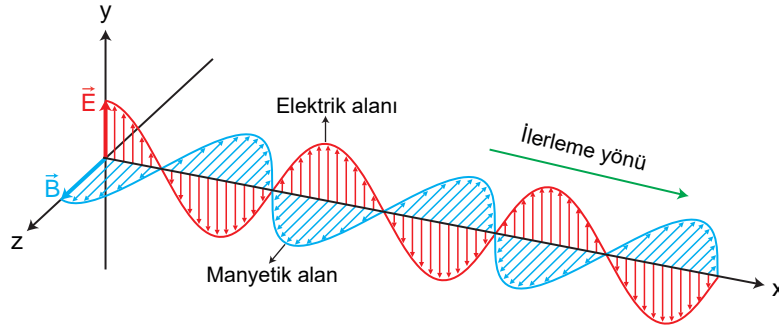
Işık, çok eski zamanlardan beri insanoğlunun ilgisini çekmiş, insanoğlu ışığın ne olduğunu ve nasıl meydana geldiğini sürekli sorgulamıştır. Bu sorgulamaların en doğru cevabını İskoçyalı Fizikçi James Clerk Maxwell (Ceymis Kilerk Maksvel, 1831-1879) vermiş (Görsel 3.11) ve elektromanyetik teorisinin kurucusu olarak tarihe geçmiştir.

Sabit bir yük, etrafında sadece elektrik alan oluşturur. Sabit bir hızla hareket eden yükler ise sabit bir akım meydana getirir. Bu durumda hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Ancak elektrik ve manyetik alanın büyüklüğü değişmediği için elektromanyetik dalga oluşmaz.

Yüklü parçacıkların ivmeli hareket yapmaları sonucunda birbirine ve dalgaların ilerleme yönüne dik iki düzlem üzerinde değişken elektrik ve manyetik alan oluşur. Elektrik alanının değişmesi manyetik alanı, manyetik alanın değişmesi elektrik alanını meydana getirir. Elektromanyetik dalgaların bileşenleri Şekil 3.29'da verilmiştir.



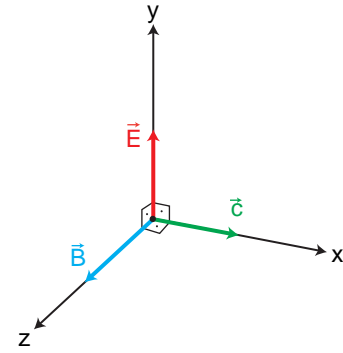
Görsel 3.11: James Clerk Maxwell (Temsili resmi)



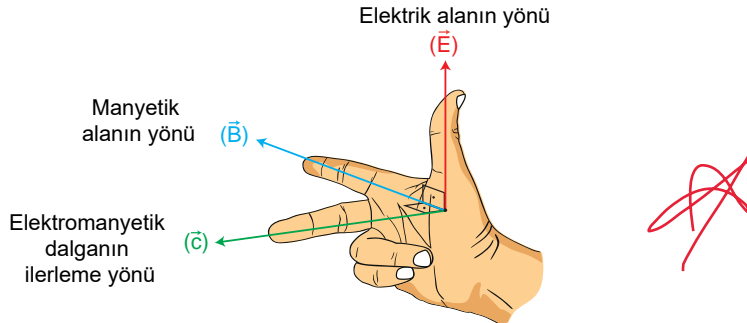
Şekil 3.29: Elektromanyetik dalgaların bileşenleri

Bir elektromanyetik dalgada elektrik, manyetik alan ve ilerleme doğrultusu birbirine diktir. Elektromanyetik dalgalarda elektrik ve manyetik alan bileşenleri ile yayılma doğrultusunun birbirine dik olması elektromanyetik dalgaların enine dalga olduğunun göstergesidir (Şekil 3.30).

Elektromanyetik dalgaların ilerleme yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ elin baş, işaret ve orta parmağı birbirine dik olacak şekilde tutulduğunda başparmak \vec{E} yönünde, işaret parmağı \vec{B} yönündeyken orta parmak \vec{c} nin yönünü gösterir (Şekil 3.31).



Şekil 3.30: Bir elektromanyetik dalgada \vec{E} , \vec{B} ve \vec{c} nin koordinat düzleminde gösterimi

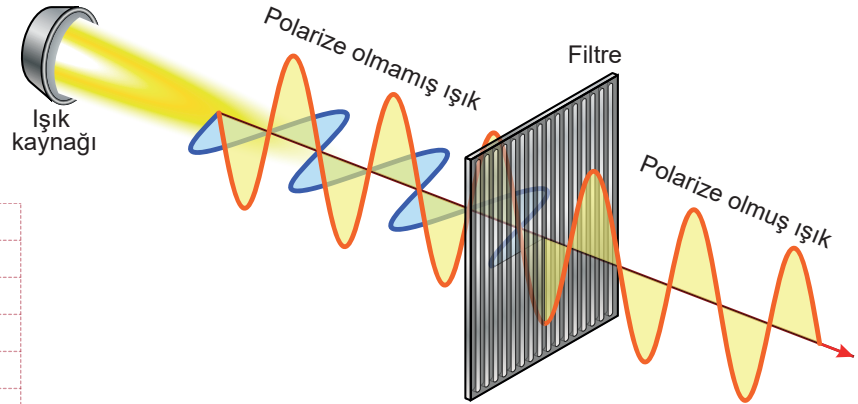


Şekil 3.31: Sağ el kuralı

Elektromanyetik dalgaların ortak özellikleri aşağıda verilmiştir.

1. Yüklü parçacıkların ivmeli hareket yapması sonucu oluşur.
2. Doğrusal yolla yayılır.
3. Elektrik ve manyetik alan bileşenleri eş zamanlı artar ve azalır.
4. Enine dalgadır.
5. Elektrik alanı, manyetik alan ve ilerleme doğrultuları birbirine diktir. Elektrik alanın büyüklüğü manyetik alanın büyüklüğüyle ışık hızının çarpımına eşittir ($E = B \cdot c$).
6. Mekanik dalgalardan farklı olarak boşlukta da yayılabilir.
7. Boşluktaki yayılma hızları, ışık hızına eşittir.
8. Enerji taşır, bu enerjiyi soğuran yüzeylerde ısınmaya neden olur.
9. Yansıma, kırılma ve girişim gibi dalga olaylarının hepsini gerçekleştirir.
10. Elektrik ve manyetik alanda sapmaz.
11. Enerjileri frekansları ile doğru orantılı, dalga boyları ile ters orantılıdır.
12. Polarize edilebilir (Kutuplanabilir).

Polarizasyon sadece enine dalgalarda olur. Polarize edilmemiş bir dalga her yöne titreşirken polarize edilen bir dalga sadece bir yöne titreşir (Şekil 3.32). Polarize güneş gözlükleri ve fotoğraf makineleri, ışığı kutuplama özelliğine sahiptir. Böylece görüntü daha net algılanır.



Şekil 3.32: Işığın polarizasyonu

Sıra Sizde - 10

Tabloda elektromanyetik dalgalara ait bazı özellikler verilmiştir.

1	Fotonlardan oluşur.	6	Gözle görülebilir.
2	Enerji taşır.	7	Kutuplanabilir.
3	Frekansları aynıdır.	8	Elektrik ve manyetik alan dalgaları aynı fazdadır.
4	Enine dalgadır.	9	Canlılara zarar verir.
5	Yayılmaları için maddesel ortam şart değildir.	10	Elektrik ve manyetik alanda sapmaz.

Buna göre elektromanyetik dalgalara ait ortak özellikleri karşlarına "✓" işaretiyle belirleyiniz.

3.2.2. Elektromanyetik Spektruma Günlük Hayattan Örnekler

Elektromanyetik dalgalar insan hayatında önemli yer tutar. İletişimde, sanayide, tıpta ve bilimsel çalışmalarda elektromanyetik dalgalar sıklıkla kullanılır. Çevrede çok miktarda elektromanyetik dalga olmasına rağmen bunların çok küçük bir kısmı görülebilir. İnsan gözü tarafından algılanabilen elektromanyetik dalga çeşidi görünür ışıktır. Işık ise görmeyi sağlayan bir enerji çeşididir. Cisimler üzerine düşen ışığı yansıtmasıyla görünebilir hâle gelir.

Diğer dalga çeşitlerinde olduğu gibi elektromanyetik dalgalar için de dalga boyu (λ), frekans (f) ve ilerleme hızının büyüklüğü (ϑ) arasındaki ilişki

$\lambda = \frac{\vartheta}{f}$ şeklinde ifade edilir. Elektromanyetik dalgalar ışık hızı ile ilerlediğinden $\vartheta = c$ olur ve bu durumda

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ olur.}$$

Elektromanyetik dalgaların enerjileri frekanslarıyla doğru orantılıdır. Elektromanyetik dalganın frekansı arttıkça dalganın enerjisi artar. Elektromanyetik dalganın enerjisi (E) ve frekansı (f) arasındaki ilişki

$$E = h \cdot f \text{ bağıntısı ile verilir.}$$

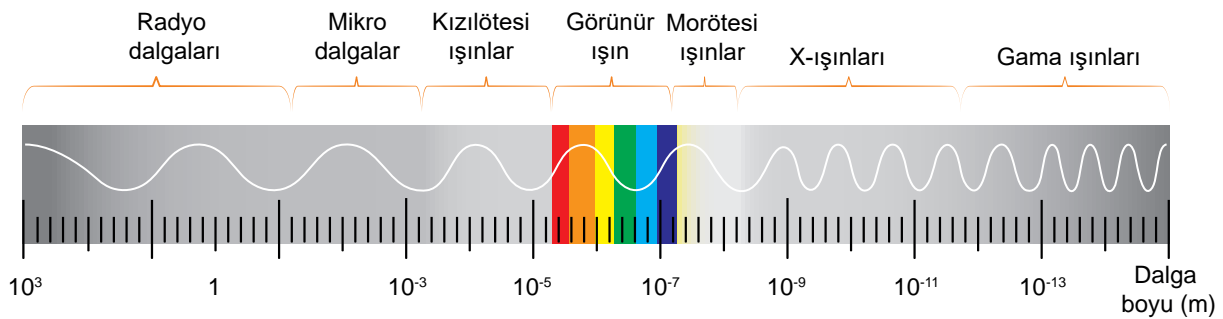
Bağıntıda yer alan h Planck sabitidir. (Planck sabitinin yaklaşık değeri $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ j} \cdot \text{s}$ dir.)

Frekans için $f = \frac{c}{\lambda}$ yazılırsa enerji denklemini

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \text{ olur.}$$

Bu denkleme göre elektromanyetik dalgaların enerjileri dalga boyları ile ters orantılıdır.

Elektromanyetik dalga çeşitlerini dalga boylarına göre sıralayan çizelgeye **elektromanyetik dalga spektrumu** denir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33: Elektromanyetik dalga spektrumu

Elektromanyetik dalga spektrumunda soldan sağa doğru gidildikçe dalga boyunun azaldığı, frekans ve enerjinin arttığı görülür.



Görsel 3.12: Radyo



Görsel 3.13: Televizyon



Görsel 3.14: Radyo teleskop anteni



Görsel 3.15: Mikrodalga fırın



Görsel 3.16: Hava radarı anteni

Spektrumda yer alan bir elektromanyetik dalga çeşidi ile yanındaki arasında keskin bir ayırım yoktur.

Elektromanyetik dalga çeşitlerinin oluşması ve kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

Radyo Dalgaları

Radyo dalgaları, elektromanyetik dalgaların en uzun dalga boyuna sahip çeşididir. 10^4 m ile 0,1 m arasında değişen dalga boylarına sahiptir.

Radyo ve televizyon vericilerinin antenlerinden yayılan dalgalar, alıcı cihazların antenleri tarafından toplanır. Alınan dalgalar radyolarda (Görsel 3.12) sese dönüşürken televizyonlarda (Görsel 3.13) hem sese hem de görüntüye dönüşür. Cep telefonlarında iletişim, radyo dalgalarıyla sağlanır. Dalga boyları, radyo ve televizyonlarda kullanılan dalga boylarından küçüktür.

Radyo dalgaları uzay araştırmaları için de önemlidir. Yıldızlar ve galaksiler farklı dalga boylarında ışık yayar. Yayılan ışığın bir kısmı spektrumda yer alan radyo dalgaları bölgesine karşılık gelir. Bu dalgalar radyo teleskoplarıyla (Görsel 3.14) incelenerek gök cisimleri hakkında yeni bilgiler elde edilir.

Mikrodalgalar

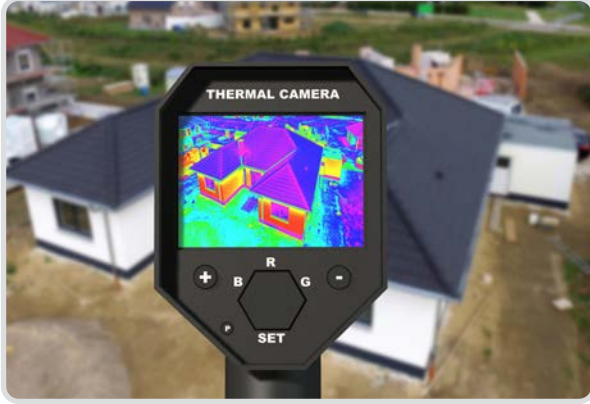
Mikrodalgaların dalga boyları 0,3 m ile 10^{-4} m arasında değişir. Mikrodalgalar, radyo dalgaları gibi iletken içerisindeki yüklü parçacıkların ivmeli hareket etmesi sonucu oluşur. Radyo dalgalarının dalga boyuna yakın büyüklükte dalga boyuna sahip mikrodalgalar, evlerde kullanılan mikrodalga fırınlarında (Görsel 3.15) yiyecekleri pişirmek veya ısıtmak için kullanılır. Fırın içerisinde oluşan dalgalar, yiyeceklerin içerisinde bulunan su moleküllerini titreştirerek ısıyı doğrudan bu moleküllere aktarır. Bu şekilde ısınma işlemi daha kısa sürede gerçekleşir.

Hava sahasını kullanan uçakların takibinde (Görsel 3.16) veya trafikte seyir hâlindeki araçların hızlarının belirlenmesinde kullanılan radarlarda da kısa dalga boyuna sahip mikrodalgalar kullanılır. Radarlardan yayılan dalgalar bir yüzeye çarpıp geri geldiğinde elektronik devreler tarafından görüntüye dönüştürülür ve cismin konumu belirlenir.

Kızılötesi Dalgalar

Kızılötesi dalgaların dalga boyları 1 mm ile $7 \cdot 10^{-7}$ m arasında değişir. Bu bölgedeki dalgalara **infrared dalgalar** da denir. Kızılötesi dalgalar sıcak cisimler tarafından yayılır. Cisimlerden yayılan kızılötesi dalga termal kameralar tarafından algılanarak karanlık ortamlarda bile görüntü elde edilebilir (Görsel 3.17). Termal kamera ekranında görülen renkler, cisimlerin sıcaklıkları azaldıkça kırmızıdan mora doğru değişim gösterir.

Kızılötesi dalgalardan; kısa mesafeli iletişimde, televizyon kumandalarında (Görsel 3.18) ve fizik tedavi kliniklerinde faydalanılır.



Görsel 3.17: Termal kamera görüntüsü



Görsel 3.18: Televizyon kumandası

Görünür Bölge

İnsan gözünün elektromanyetik dalgalar içerisinde görebildiği kısma **görünür bölge** denir. Dalga boyu $7 \cdot 10^{-7}$ m olan kırmızı ışık ile dalga boyu $4 \cdot 10^{-7}$ m olan mor ışık arasındaki renklerden oluşur.

Cisimler, üzerine düşen güneş ışığını yansıttıkları için görünebilir hâle gelir (Görsel 3.19). Renkleri birbirinden ayıran temel özellik, dalga boylarının farklı olmasıdır. Gökkuşağında görülen bütün renkler, dalga boyları görünür bölge içerisinde kalan elektromanyetik dalgalardan oluşur (Görsel 3.20).

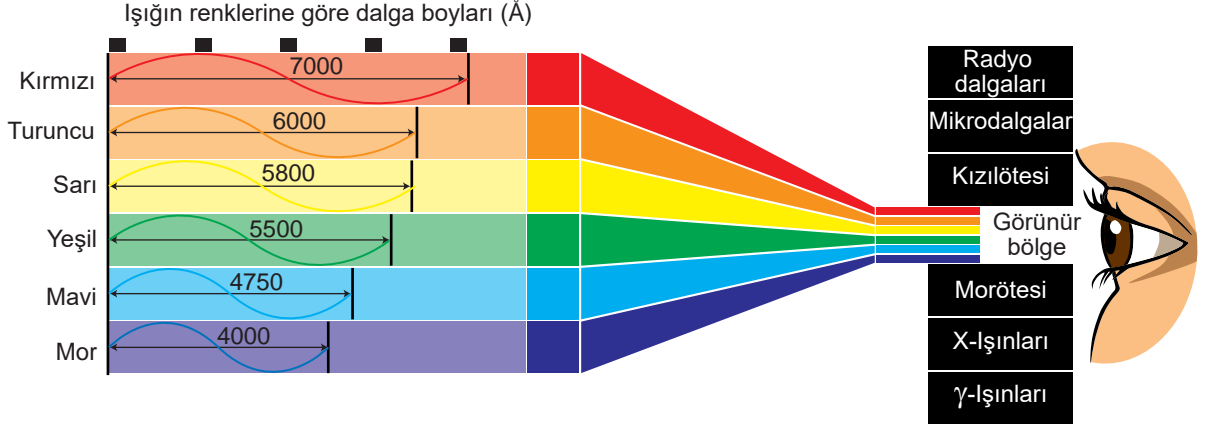


Görsel 3.19: Güneş ışığı altında ayçiçeği tarlasının görüntüsü



Görsel 3.20: Gökkuşağı

Elektromanyetik dalga spektrumunda yer alan görünür bölge, dalga boyu ortalama 7000 Å olan kırmızı ışık ile başlayıp dalga boyu küçülerek sırası ile turuncu, sarı, yeşil, mavi renkle devam edip ortalama dalga boyu 4000 Å olan mor ışık ile biter (Şekil 3.34).



Şekil 3.34: Görünür bölgedeki renklerin dalga boyları

Morötesi (Ultraviyole) Dalgalar

Morötesi dalgaların dalga boyları $4 \cdot 10^{-7}$ m ile $6 \cdot 10^{-7}$ m arasında değişir. Kaynağı genellikle Güneş'tir. Güneş'ten gelen ultraviyole ışınları ozon tabakası tarafından süzülerek zararlı etkileri azaltılır.

Ultraviyole ışınlar insan derisinde tahribat yaparak deri kanseri riskini artırır. Ultraviyole ışınlarından korunmak için koruyucu kremler kullanılabilir.

Ultraviyole ışınları özellikle dezenfeksiyon için kullanılır. Ameliyathanelerde ve diş kliniklerinde kullanılan malzemeler kimyasal maddelerle temizlendikten sonra ultraviyole ışınlarla mikroplardan arındırılır (Görsel 3.21).



Görsel 3.21: Dezenfeksiyon cihazı

X-İşınları

X-ışınlarının dalga boyları 10^{-8} m ile 10^{-12} m arasında değişir. X-ışınları hızlandırılmış elektronların bir metale çarpıtılıp durdurulmasıyla veya atomların yörüngelerinde bulunan elektronların geçişleri sonucunda oluşturulur. X-ışınları Alman Fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen (Vilhem Konrad Röntgen, 1845-1923) tarafından 1895 yılında keşfedilmiştir.

X-ışınları tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılır. Röntgen cihazında (Görsel 3.22) oluşturulan X-ışınları doku içerisinde geçerken farklı soğurulma katsayılarına sahip bölgeler tarafından farklı miktarlarda soğurulur. Vücudu geçen ışınlar bu ışınlara duyarlı bir film üzerine düşürülür. Filme ulaşan ışınların şiddetleri farklı olduğundan değişik tonlarda bir görüntü oluşur (Görsel 3.23).



Görsel 3.22: Röntgen cihazı



Görsel 3.23: Röntgen filmi

Bilgisayarlı tomografi cihazları (Görsel 3.24) röntgen cihazlarının geliştirilmiş şeklidir. Bu cihazlar vücuttaki bir bölgenin kesit görüntüsünü çıkarabilme yeteneğine sahiptir. X-ışınları belli kanser tedavilerinde kanserli hücrelerin yok edilmesi için de kullanılır.

X-ışınları, havaalanlarında ve alışveriş merkezlerinde valizlerin ve çantaların kontrolünde kullanılan X-ray cihazlarında (Görsel 3.25) kullanılır. Ayrıca X-ışınları, katı fizik, katı kristallerin yapısı, bina kolonlarının depreme dayanıklılığı, sanayi alanındaki dökümler, kaynakla yapılan birleştirme işlemlerinin sağlamlığının incelenmesinde kullanılır.



Görsel 3.24: Bilgisayarlı tomografi cihazı



Görsel 3.25: X-ray cihazı

Gama Işınları

Gama ışınları, elektromanyetik dalga spektrumunun en küçük dalga boyuna sahiptir. Dalga boyları 10^{-10} m ile 10^{-14} m arasında değişir. Radyoaktif çekirdeklerin nükleer tepkimeleri sırasında yayılır. Gama ışınları yüksek enerjili ışınlar olduğundan canlı dokularda tahribat oluşturur. Bu nedenle radyasyon uyarı sembolü (Görsel 3.26) olan yerlerden uzak durulmalıdır. Astronomide, gezegen özelliklerinin belirlenmesi ve kanserli hücrelerin yok edilmesinde kullanılır.



Görsel 3.26: Radyasyon uyarı sembolü

Örnek

Bir radyo vericisinin anteni 200 m dalga boylu elektromanyetik dalgalar yaymaktadır.

Buna göre yayılan dalgaların frekansı kaç s^{-1} dir? ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

Çözüm

Frekansın dalga boyu ve ışık hızına bağlı ifadesi

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{200} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1} \text{ bulunur.}$$

Örnek

X-ışınlarından günlük hayatta pek çok alanda yararlanılmaktadır.

Buna göre

- I. Havaalanlarındaki valizlerin kontrolünde
- II. Binaların depreme dayanma sınırının tespitinde
- III. Tıpta görüntüleme amacıyla

hangilerinde X-ışınları kullanılmaktadır?

Çözüm

Havaalanlarındaki valizlerin kontrolünde, X-ray cihazıyla bina kolonlarının depreme dayanma sınırının tespitinde ve tıpta görüntüleme amacıyla röntgen cihazları kullanılır. Bu cihazlarda kullanılan elektromanyetik dalga çeşidi X-ışınlarıdır. Bu durumda I, II ve III doğru olur.

Sıra Sizde - 11

Aşağıdakilerden hangisi elektromanyetik dalgalara ait bir özelliktir?

- A) Boyuna dalgadır.
- B) Elektrik ve manyetik alandan etkilenir.
- C) Yayılmaları için maddesel ortama ihtiyaç vardır.
- D) Boşlukta hızları değişkendir.
- E) Yüklü parçacıkların ivmeli hareketleri sonucunda oluşur.

Çözüm



A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü/sözcükleri yazınız.

dalga katarı	girişim	yüklü parçacıklar
merkezî aydınlık	radyo	Doppler
düğüm noktası	manyetik alan	kırınım
dalga	Maxwell	elektromanyetik dalga spektrumu

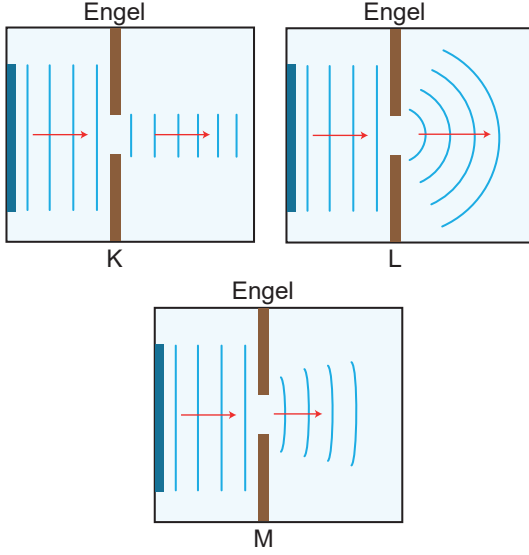
1. Elektromanyetik dalgalar ivmeli hareket yapması sonucunda oluşur.
2. Tek renkli ışınlar bir yarıktan geçirilirse deseni oluşur.
3. Maxwell denklemlerine göre elektrik alanının değişmesi oluşturur.
4. Çift tepe ve çift çukur noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen çizgilere denir.
5. Çift yarıktan girişim deneyinde yarıkların orta dikmesi üzerinde oluşan aydınlık saçığa saçak denir.
6. İki ya da daha fazla sayıda dalga- nın birbiri içerisinde geçmesi olayına denir.
7. Elektromanyetik dalga çeşitlerinin dalga boylarına göre sıralandığı çizelgeye denir.
8. Elektromanyetik dalga teorisinin kurucusu
9. Işık doğası ışıkta girişim ve kırınım olaylarıyla açıklanır.
10. Aynı anda çalışan özdeş noktasal iki dalga kaynağının ürettiği dalgaların tepesi ile çukuru çakıştığında oluşur.
11. Elektromanyetik dalgaların en büyük dalga boyu olanı dalgalarıdır.
12. Ses kaynağının hareketinden dolayı işitilen sesin frekansındaki değişim olayına ses dalgalarında etkisi denir.

B) Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan alana yazınız.

13. Dalgakıran kenarına çarpan doğrusal dalgaların bükülerek yollarına devam etmesi dalgaların hangi özelliğiyle açıklanır?
Cevap:
14. Aynı anda çalıştırılan özdeş kaynakların oluşturduğu girişim deseninde oluşan dalga katarı sayısı, kaynaklar arası uzaklıkla doğru orantılıyken dalganın hangi fiziksel niceliğiyle ters orantılıdır?
Cevap:
15. Hava ortamında yapılan ışığın çift yarıktan girişim deneyinde yarık düzlemiyle ekran arası su ile doldurulursa saçak genişliği nasıl değişir?
Cevap:
16. Yol kenarında durmakta olan Adem, kendisine yaklaşmakta olan itfaiye aracından duyduğu sesin frekansını, sirenden çıkan sesin frekansına göre nasıl algılar?
Cevap:
17. Bir okulun öğrencileri Erasmus programı kapsamında yurt dışı gezisi yapmak üzere havaalanına gelir. Öğrencilerden biri, valizlerin açılmasına gerek kalmadan bir cihazdan geçirilerek kontrol edildiğini gözlemler. Öğrencinin gözlemediği cihazda kullanılan elektromanyetik dalga çeşidi hangisidir?
Cevap:

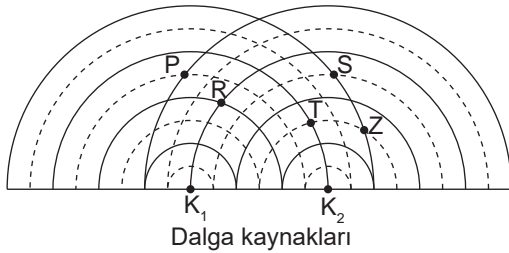
C) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

18. Derinlikleri sabit ve h_K , h_L ve h_M olan ortamlarda, yarı genişlikleri eşit olan engellere gönderilen doğrusal dalgaların izlediği yol şekillerdeki gibidir.



Buna göre ortamların derinlikleri h_K , h_L ve h_M arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

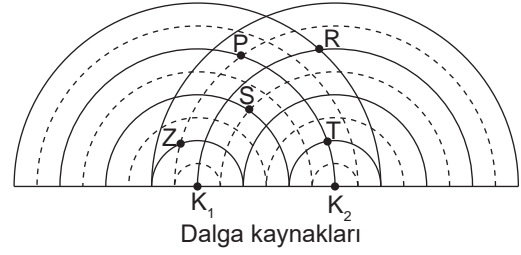
- A) $h_K > h_L > h_M$ B) $h_K > h_M > h_L$
 C) $h_L > h_M = h_K$ D) $h_L = h_K > h_M$
 E) $h_L > h_M > h_K$
19. Aynı anda titreşen özdeş K_1 ve K_2 noktasal dalga kaynaklarının oluşturduğu girişim desenini şekildedeki gibidir.



Buna göre P, R, S, T ve Z noktalarından hangisi maksimum genlikte titreşir?

- A) P B) R C) S D) T E) Z

20. Aynı anda çalışan özdeş K_1 ve K_2 noktasal kaynaklarının oluşturduğu girişim deseni şekildedeki gibidir.



Sürekli çizgiler dalga tepelerini, kesikli çizgiler dalga çukurlarını gösterdiğine göre P, R, S, T ve Z noktalarından hangileri çift tepe noktasıdır?

- A) P ve R B) P ve S C) Z ve T
 D) R ve T E) Z ve S

21. Derinliği sabit bir dalga leğeninde özdeş K_1 ve K_2 noktasal dalga kaynakları aynı anda çalıştırılıyor. Kaynakların ürettikleri dalgalar birbiri içerisinde geçerken leğenin altındaki perdede girişim çizgisi oluşmadığı görülüyor.

Buna göre girişim çizgilerinin oluşması için

- I. Kaynaklar arası uzaklığı azaltmak
 II. Kaynakların frekansını azaltmak
 III. Leğenden bir miktar su almak

işlemlerinden hangileri yapılabilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
 D) I ve II E) II ve III

22. Çift yarıktan yapılan bir girişim deseni ışık kaynağı yarıklar düzlemine yaklaştırılırsa

- I. Oluşan aydınlık ve karanlık saçak sayısı artar.
 II. Merkezî aydınlık saçak genişliği artar.
 III. Merkezî aydınlık saçak parlaklığı artar.

ifadelerinden hangileri doğru olur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
 D) I ve II E) II ve III

23. Hava ortamında yapılan ışığın tek yarıktaki kırınımı deneyinde merkezî aydınlık saçığının yeri değiştirilmeden saçak genişliğini azaltmak için

- I. Ortamın kırıcılık indisini artırmak
- II. Yarık genişliğini azaltmak
- III. Ekran ile yarık düzlemi arasındaki uzaklığı artırmak

İşlemlerinden hangileri tek başına yapılabilir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

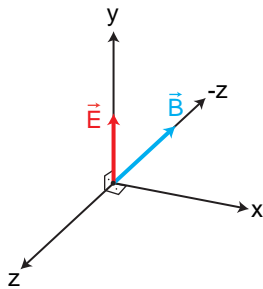
24. Tek renkli ışık kullanılarak yapılan çift yarıktaki girişim deneyinde kırmızı ışık kullanılarak elde edilen merkezî aydınlık saçak için

- I. Yeşil ışık kullanılırsa genişliği artar.
- II. Perde yarık düzlemine yaklaştırılırsa genişliği azalır.
- III. Mor ışık kullanılırsa genişliği azalır.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

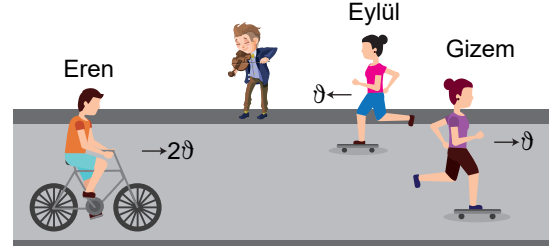
25. Bir elektromanyetik dalganın elektrik ve manyetik alanın yönleri gösterilmiştir.



Buna göre elektromanyetik dalganın hangi yönde ilerlemektedir?

- A) +x B) +y C) -x D) +z E) -y

26. Yol kenarında durarak keman çalan müzisyene Eren 2ϑ , Eylül ϑ büyüklüğünde hızla yaklaşırken Gizem ϑ büyüklüğünde hızla müzisyenden uzaklaşmaktadır.



Kemandan çıkan sesin frekansını Eren, Eylül ve Gizem sırasıyla f_1 , f_2 ve f_3 olarak işittiğine göre f_1 , f_2 ve f_3 arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

- A) $f_1 > f_2 > f_3$ B) $f_3 > f_1 > f_2$
C) $f_2 > f_3 = f_1$ D) $f_2 = f_3 > f_1$
E) $f_1 > f_3 > f_2$

27. Aşağıdakilerden hangisi elektromanyetik dalgaların ortak özelliği değildir?

- A) Yüklü parçacıkların ivmeli hareketiyle oluşur.
- B) İlerleyebilmeleri için maddesel ortam gerekir.
- C) Enine dalgadır.
- D) Elektrik ve manyetik alanda sapsamaz.
- E) Boşlukta ışık hızı ile yayılır.

28. Bir elektromanyetik dalgayla ilgili

- I. Boyuna dalgadır.
- II. Elektrik alanda sapsamaz.
- III. Enerji taşır.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

29. Aşağıdaki cihazların hangisinde elektromanyetik dalga kullanılmaz?

- A) Ultrason cihazı
- B) Mikrodalga fırın
- C) X-ray cihazı
- D) Televizyon
- E) Trafik radarı

30. Trafikteki araçların hızını tespit etmek için radar cihazından otomobillere elektromanyetik dalgalar gönderilir.

Radara yaklaşmakta olan otomobilden yansıyıp radar cihazına gelen elektromanyetik dalgaların frekansındaki değişim için

- I. Otomobilin hızına göre değişir.
- II. Kaynaktan çıkan dalga frekansına göre büyüktür.
- III. Kaynaktan çıkan dalgaların frekansına göre küçüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
- D) I ve II E) I, II ve III

31. Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna göre sıralanarak elektromanyetik dalga spektrumu oluşturulmuştur.

Buna göre verilen dalga çeşitlerinden hangisi elektromanyetik dalga spektrumunda yer almaz?

- A) Ses dalgaları
- B) Radyo dalgaları
- C) Mikrodalgalar
- D) Morötesi ışınlar
- E) X-ışınları

32. Bir radar $f = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$ frekanslı elektromanyetik dalgalar yayıyor.

Buna göre radardan yayılan dalgaların dalga boyu kaç m'dir?

(Işık hızı $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

- A) $2 \cdot 10^{-1}$ B) $1,5 \cdot 10^{-2}$ C) $2 \cdot 10^{-2}$
- D) $3 \cdot 10^{-2}$ E) $4 \cdot 10^{-2}$

33. I. Çift yarıқта yapılan girişim deneyinde ekran üzerinde aydınlık ve karanlık saçakların oluşması
- II. Tek yarıқта yapılan kırınım deneyinde ekran üzerinde aydınlık ve karanlık saçakların oluşması
- III. Çift yarıқта yapılan girişim deneyinde oluşan merkezî aydınlık saçığın tek yarıқта yapılan kırınım deneyinde oluşan merkezî aydınlık saçaktan daha küçük olması

Yukarıdaki ifadelerden hangileri ışığın dalga özelliği gösterdiğinin bir kanıtıdır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
- D) I ve II E) I ve III

34. I. Elektromanyetik dalgalar içinde dalga boyu en kısa olanıdır.
- II. Radyoaktif çekirdeklerin tepkimelerinde oluşur.
- III. Canlı hücrelere zarar verir.

Yukarıda bazı özellikleri verilen elektromanyetik dalga çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Mikrodalgalar
- B) γ ışınları
- C) Kızılötesi ışınlar
- D) Morötesi ışınlar
- E) X-ışınları

40. Elektromanyetik dalgalar çeşitlerinden mikrodalgaların dalga boyu λ_1 , görünür bölgenin dalga boyu λ_2 , morötesi bölgenin dalga boyu λ_3 tür.

Buna göre dalga boylarının büyüklükleri λ_1 , λ_2 ve λ_3 arasındaki ilişki nedir?

Çözüm

Empty grid for the solution of question 40.

41. Hava ortamında yapılan çift yarıktaki girişim deneyinde

- Işık kaynağının şiddeti artırılırsa
- Ekran yarık düzlemine yaklaştırılırsa

ekranda oluşan girişim deseninde meydana gelen değişiklikler nelerdir?

Çözüm

Empty grid for the solution of question 41.

42. Işık, ses ve su dalgalarında gözlenen frekanslar kaynak ve gözlemci hareketine bağlı olarak değişir. Gözlenen frekansa bağlı olarak Doppler olayı olarak adlandırılır.

Buna göre

- Kaynak ve gözlemci aynı yönde ve aynı büyüklükte hızla hareket ediyorsa
- Kaynak ve gözlemci zıt yönde ve aynı büyüklükte hızla hareket ediyorsa
- Kaynak durgun gözlemciden uzaklaşıyorsa

hangilerinde Doppler olayı gerçekleşir?

Çözüm

Empty grid for the solution of question 42.

43. Bir dalga leğeninde aynı anda titreşen özdeş noktasal iki dalga kaynağının oluşturduğu girişim deseninde n tane düğüm çizgisi oluşmaktadır.

Buna göre

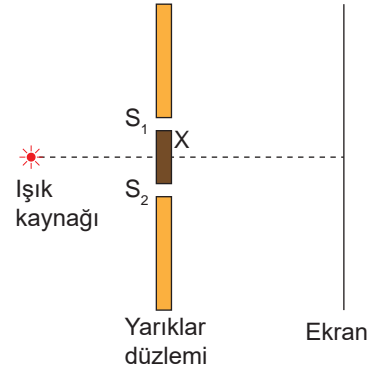
- Dalgaların su miktarını azaltmak
- Kaynaklarının frekanslarını arttırmak
- Kaynakları birbirinden uzaklaştırmak

işlemlerinden hangileri tek başına yapılırsa n artar?

Çözüm

Empty grid for the solution of question 43.

44. Çift yarıktaki girişim deneyinde ekranda oluşan girişim deseninde n tane aydınlık saçak oluşuyor.



Buna göre

- Kaynağın ışık şiddetini arttırmak
- Yarıklar düzlemiyle ekran arasına kırıcılık indisi havanınkinden daha büyük olan saydam bir madde koymak
- Saydam olmayan X parçasını çıkarmak

işlemlerinden hangileri tek başına yapılırsa n artar?

Çözüm

Empty grid for the solution of question 44.