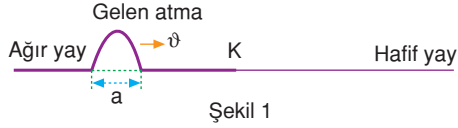
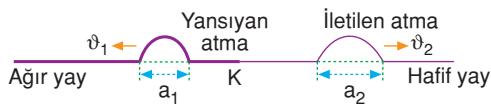


Gelen atmanın hızının büyüklüğü ϑ , genişliği a , yansıyan atmanın hızının büyüklüğü ϑ_1 , genişliği a_1 , iletilen atmanın hızının büyüklüğü ϑ_2 , genişliği a_2 ise aralarında $\vartheta = \vartheta_1 > \vartheta_2$, $a = a_1 > a_2$ ilişkisi vardır.

4. Bir atmanın ağır yaydan hafif yaya iletilmesi



Şekil 1



Şekil 2

Ağır ve hafif yayın K noktasında uç uca eklenmesi ile oluşan sistemde ağır yaydan Şekil 1'deki gibi gönderilen baş yukarı atma K noktasına ulaştığında atmanın bir kısmı iletilir bir kısmı yansır. İletilen ve yansıyan atma baş yukarıdır.

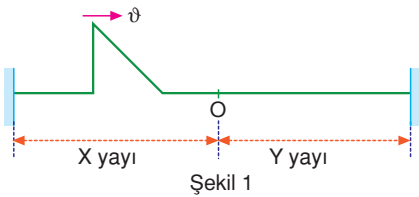
Gelen, yansıyan ve iletilen atmaların genişlikleri a, a_1, a_2 , hızlarının büyüklükleri $\vartheta, \vartheta_1, \vartheta_2$ ise bunlar arasında

$a = a_1 < a_2$, $\vartheta = \vartheta_1 < \vartheta_2$ ilişkisi vardır.

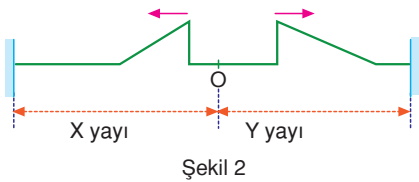
UYARI

Atmaların yaydaki hareketleri incelenirken yayın iç direnci ve dış ortamla sürtünmesi önemsenmedi.

Örnek



Şekil 1



Şekil 2

O noktasından birbirine eklenen X ve Y yaylarından X yayında sabit ϑ hızı ile ilerleyen Şekil 1'deki atmanın bir süre sonraki görünümü Şekil 2'deki gibi oluyor.

Buna göre,

- I. X yayının esneklik katsayısı daha büyüktür (daha serttir).
- II. Y yayında iletilen atmanın hızı ϑ den büyüktür.
- III. Yansıyan atmanın hızının büyüklüğü ϑ dir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

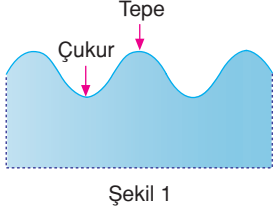
Çözüm

X yayından gelen atma O noktasına gelince bir kısmı Y yayına baş yukarı olarak iletilmiş bir kısmı ise baş yukarı olarak yansımıştır. Bu yüzden X yayı sert, Y yayı hafiftir. I. yargı doğrudur. Y yayı hafif olduğundan bu yayda ilerleyen atmanın hızı, gelen atmanın hızı ϑ 'den büyüktür. II. yargı da doğrudur. Gelen atma ile yansıyan atma aynı yay üzerinde olduğundan yansıyan atmanın hızının büyüklüğü de ϑ 'dir. III. yargı da doğrudur.

YANIT E

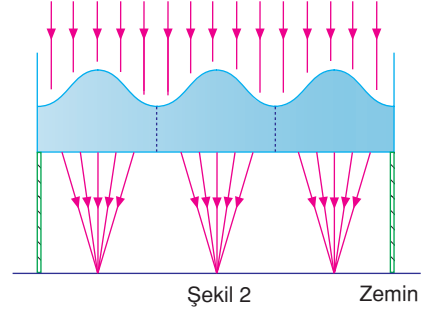
SU DALGALARI

Küçük bir taş suya atıldığında taşın değdiği noktadan başlayarak su yüzünde ilerleyen dairesel dalgalar görülür. Bu dalgalar suyun yüzeyinde olur.



Suda meydana gelen dalgaların görülen özellikleri; birbirine benzemeleri, Şekil 1'de gösterildiği gibi tepe ve çukurların oluşu ve derinlik sabit ise yayılırken hızlarının değişmemesidir.

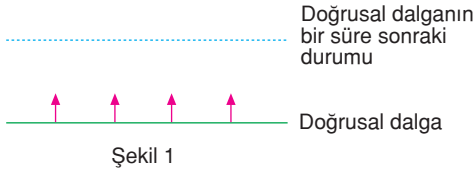
Su dalgalarının özellikleri dalga leğeninde incelenebilir. Dalga leğeninin tabanı cam olup dört ayak üzerine oturtulmuştur.



Dalga leğeninin içindeki suda dalga oluşturulup dalga leğeninin üzerine Şekil 2'deki gibi ışık düşürülürse zemin üzerinde dalga tepeleri aydınlık, dalga çukurları karanlık görülür. Dalga çukurları, ırsak mercek gibi davranıp ışığı dağıttığı için karanlık; dalga tepeleri, yakınsak mercek gibi davranıp ışığı topladığı için zemin üzerinde aydınlık şeritler oluşur. Dalgalar hareket ederken aydınlık ve karanlık çizgilerde hareket eder. Bu çizgilerin hareketiyle dalganın yayılma hızı bulunabilir.

Doğrusal ve Dairesel Dalgalar

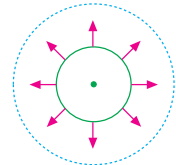
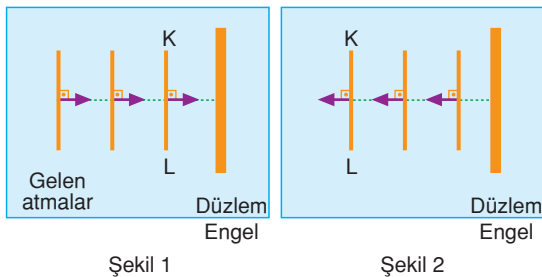
Dalga leğenindeki suya silindirik biçimindeki çubuk konup çubuğa ileri doğru ani itmeler verilirse doğru şekilde ilerleyen dalgalar oluşur.



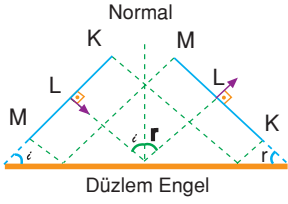
Yayıma sırasında Şekil 1'de gösterildiği gibi dalganın şekli değişmez. Dalga daima tepe çizgisine dik olarak ve sabit hızla ilerler.

Dalga leğenindeki suya bir damla su damlatılırsa, merkezi damlanın suya düştüğü nokta olan çember şeklinde dalga oluşur.

Dairesel dalganın yarıçapı Şekil 2'de gösterildiği gibi devamlı büyür. Dalganın daireselliğinin bozulmamasının nedeni dalga üzerindeki bütün noktaların hızlarının aynı büyüklükte olmasıdır. Dalga üzerindeki noktaların hareketi yarıçap doğrultusundadır.

**Doğrusal Su Dalgalarının Yansıması****1. Düzlem Engelde Yansıma**

Bir dalga leğeninde Şekil 1'deki düzlem engelle paralel doğrusal atımlar gönderilirse atma engelle çarpıştığı anda Şekil 2'deki gibi geldiği doğrultuda geri yansır.

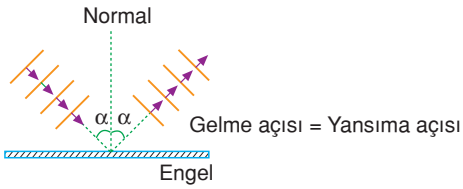


Şekil 3

Doğrusal bir engelle Şekil 3'teki gibi gönderilen doğrusal KLM atmasının engelle ilk gelen noktası M, en son gelen noktası K dir. Bu nedenle engelde önce atmanın M ucu, en sonda K noktası yansır. Yansıyan atma Şekil 3'te gösterildiği gibi olur.

KLM atmasının gelme açısı (ϵ), gelen atmanın uzantısının engelle yaptığı açı ya da gelen atmanın hareket doğrultusunun normalle yaptığı açıdır. Yansıma açısı (r), yansıyan atmanın uzantısının engelle yaptığı açı ya da yansıyan atmanın hareket doğrultusunun normalle yaptığı açıdır. Yapılan deneyler gelme açısı ile yansıma açısının eşit olduğunu göstermiştir.

O halde $\hat{\epsilon} = \hat{r}$ yazılabilir.

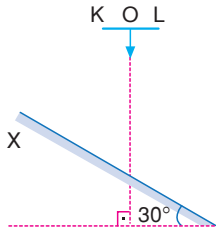


Şekil 4

Doğrusal engelle Şekil 4'teki gibi paralel doğrusal dalgalar gönderilirse yansıyan dalgalarda doğrusal ve paralel olur.

Doğrusal atmanın doğrusal bir engelde yansıması, ışığın düz aynada yansımasına benzemektedir.

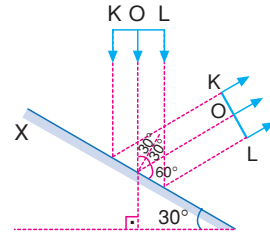
Örnek



Bir dalga leğenine Şekildeki gibi yerleştirilen X engeline gönderilen KL atmasının yansıması aşağıdakilerden hangisi gibi olur?

- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

Çözüm

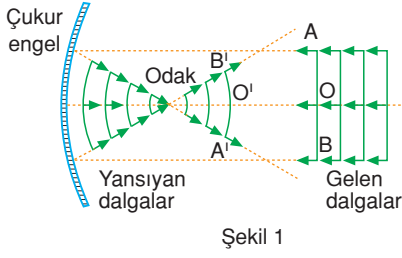


KL dalgası engelle 30° lik açıyla gelip engelden 30° lik açıyla yansır. Dalganın engelle önce K, en sonra L noktası çarpır ve yansır.

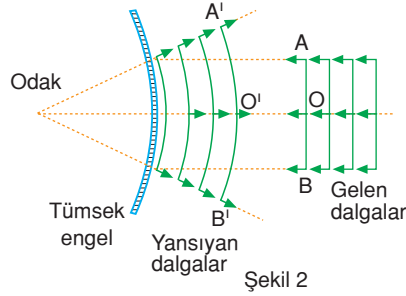
Yansıyan KL atması Şekildeki gibi olur.

YANIT D

2. Doğrusal atmanın parabolik engelde yansımaları



Şekil 1



Şekil 2

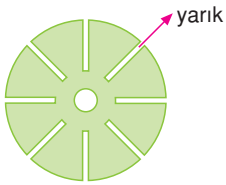
Şekil 1'deki gibi çukur engele doğru gelen doğrusal su dalgaları yansıma sonrası dairesel olur, bir noktada önce toplanır sonra dağılır. Toplanma noktasına **odak noktası** denir. Odak noktası çukur engel ile merkezinin tam ortasındadır.

Şekil 2'deki gibi tümsek engele doğru gelen su dalgaları yine yansıma sonrası dairesel olarak uzaklaşır. Yansıyan noktaların hızlarının engel gerisine doğru uzatılması ile sanal odak noktası elde edilir.

Dalgaların çukur ve tümsek engellerdeki yansımaları ışığın çukur ve tümsek aynalardaki yansımalarına benzer.

SU DALGALARININ YAYILMA HIZI VE STROBOSKOP

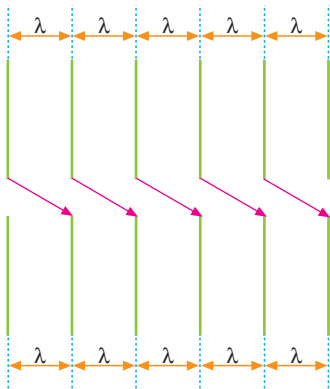
Su dalgaları hareketli olduğundan dalga boyunu ölçmek zordur. Bunu için çok kısa zaman aralıklarını ölçmede kullanılan stroboskop adı verilen bir araç kullanılır.



Şekil 1

Stroboskop, Şekil 1'deki gibi üzerinde eşit aralıklı yarıklar bulunan ve merkezi etrafında dönebilen bir araçtır.

Stroboskop döndürülerek periyodik dalgalara bakıldığında stroboskopun belli bir dönüşü için yarığın frekansı f_y , dalgaların f_d frekansına eşit olur. $f_y = f_d$ dir.



Şekil 2

$f_y = f_d$ olması durumunda bir yarığın bir önceki yarığın yerini alıncaya kadar hareketli olan dalga tepesi Şekil 2'deki gibi bir öncekinin yerini alır ve dalgalar durmuş gibi görünür. Dalgaların dalga boyu kolayca ölçülür.

Stroboskopun yarığın sayısı n , stroboskopun dönme frekansı f_s ise dalgaların f_d frekansı, gözümüzün önünden birim zamanda geçen yarığın sayısına eşit olur ve

$$f_d = f_y = n f_s \text{ yazılabilir.}$$

Dalgaların v hızı da, $v = \lambda \cdot f_d$ bağıntısından bulunur.

Örnek

Yayıma hızı 48 cm/s olan su dalgalarının dalga boyunu ölçmek için 4 yarıklı bir stroboskop kullanılıyor.

Stroboskoba saniyede 3 devir yaptırıldığında su dalgaları duruyormuş gibi görüldüğüne göre dalgaların boyu kaç cm dir?

- A) $\frac{1}{2}$ B) 1 C) 2 D) 4 E) 6

Çözüm

Dalgalar duruyormuş gibi görüldüğü anda dalgaların f_d frekansı,

$$f_d = f_s \cdot n \text{ dir.}$$

$$f_d = 3.4$$

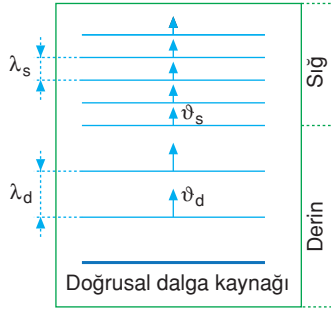
$$f_d = 12 \text{ s}^{-1} \text{ olur.}$$

Dalgaların dalga boyu;

$$\lambda = \frac{v_d}{f_d} \quad \lambda = \frac{48}{12} \quad \lambda = 4 \text{ cm dir.}$$

YANIT D

SU DALGALARININ KIRILMASI

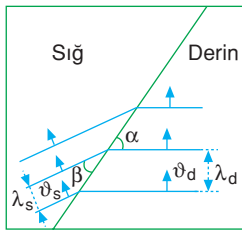


Şekil 1

Dalgaların yayılma hızı, suyun derinliğine bağlıdır. Bir dalga leğeninde derin ve sığ ortamlar oluşturulup derin ortamdan sığ ortama Şekil 1'deki gibi periyodik dalgalar gönderilsin. Ardışık iki dalga tepesi arasındaki uzaklık yani dalga boyu, derin ortamda λ_d , sığ ortamda λ_s , dalgaların hızları da v_d ve v_s olsun dalgaların her iki ortamda ki frekansları aynı olup $\lambda_d > \lambda_s$ olduğu görülür. $\lambda = \lambda \cdot f$ bağıntısına göre de $\lambda_d > \lambda_s$ dir.

UYARI

- ★ Dalganın frekansı kaynağa, yayılma hızı ise ortamın cinsine ve özelliklerine bağlıdır.
- ★ Su dalgalarının derin ortamdaki hızı, sığ ortamdaki hızından daha büyüktür.



Şekil 2

Dalga leğeninde Şekil 2'deki gibi derin ve sığ ortamlar oluşturulup derin ortamdan sığ ortama periyodik doğrusal dalgalar gönderilirse dalgalar arakesitte kırılarak ayrı yönlerde yayılır. Gelen dalgaların arakesitle yaptığı α açısı gelme açısına, kırılan dalgaların arakesitle yaptığı β açısı da kırılma açısına eşittir.

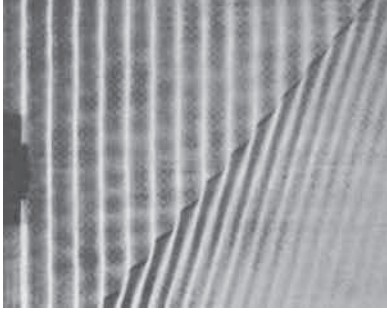
Çeşitli gelme açılarına karşılık gelen kırılma açıları ölçüldüğünde $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ oranının sabit olduğu görülür. Bu sabite **kırılma indisi** denir. Su dalgaları da ışık gibi Snell Kanununa uygun olarak kırılır.

$$\text{O halde; } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\lambda_d}{\lambda_s} = \frac{v_d}{v_s} \text{ yazılabilir.}$$

Bu bağıntıdaki n , ikinci ortamın birinci ortama göre kırılma indisi.

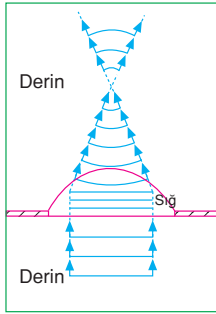
UYARI

Sığ ortamın kırma indisi, derin ortamın kırma indisinden daha büyüktür.

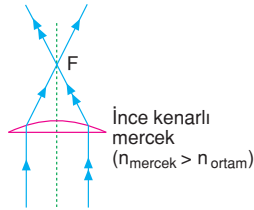


Derin ortamdaki sığ ortama geçen dalgaların herhangi bir andaki görünüşü

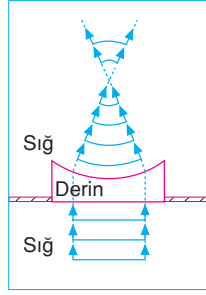
Dalga leğeninde ince kenarlı mercek ve kalın kenarlı mercek biçiminde derin ve sığ ortamlar oluşturularak periyodik doğrusal dalgaların durumları incelenirse;



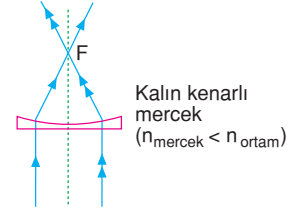
Şekil 3 - a



Şekil 3 - b

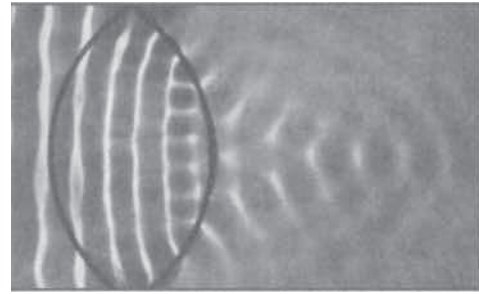


Şekil 6 - a

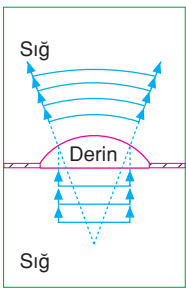


Şekil 6 - b

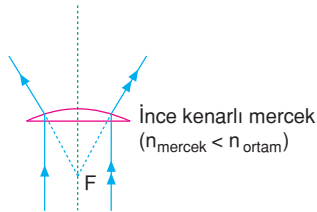
Dalgaların yayılmaları Şekil 3 - a, Şekil 4 - a, Şekil 5 - a, Şekil 6 - a daki, ışığın mercekteki yolları da Şekil 3 - b, Şekil 4 - b, Şekil 5 - b, Şekil 6 - b deki gibidir. Dalgaların bu ortamlardaki davranışları ışığın merceklerdeki davranışlarına benzetilmektedir.



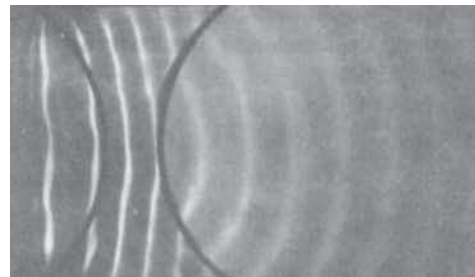
Doğrusal dalgaların, ince kenarlı mercek şeklindeki sığ ortamı geçerek odaklandıkları görülmektedir.



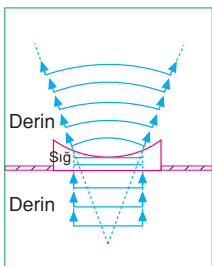
Şekil 4 - a



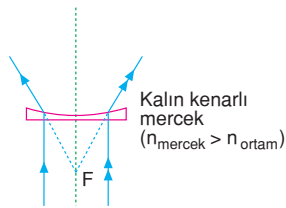
Şekil 4 - b



Doğrusal dalgaların, kalın kenarlı mercek şeklindeki sığ ortamı geçerek dağılımları görülmektedir.

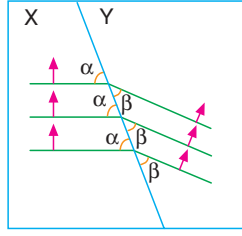


Şekil 5 - a



Şekil 5 - b

Örnek



Bir dalga leğeninde üretilen periyodik doğrusal dalgaların X bölgesinden Y bölgesine geçişleri Şekildeki gibidir.

Buna göre,

- I. α açısı büyütülürse, β açısı da büyür.
- II. Y ortamındaki dalgaların hızı, X ortamındakilerden daha büyüktür.
- III. X bölgesi derin, Y bölgesi sığdır.

Yorumlarından hangileri doğrudur?

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

Çözüm

Snell kanunu yazılırsa;

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_x}{v_y} = \frac{n_y}{n_x} \text{ dir.}$$

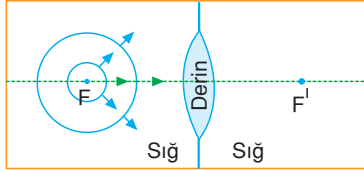
Buna göre α açısı büyütülürse β açısı da büyür. I. yargı doğrudur.

$\alpha > \beta$ olduğundan dalgaların X ortamındaki hızı Y'den büyüktür. II. yargı yanlıştır.

Dalgaların derin ortamdaki hızı, sığ ortamdakinden büyüktür. Buna göre X ortamı derin, Y ortamı sığdır. III. yargı doğrudur.

YANIT D

Örnek

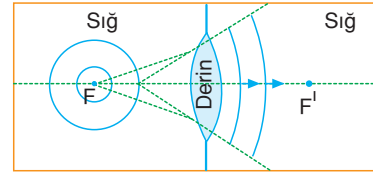


Sığ ve derin ortamlardan oluşan dalga leğeninde, mercek görünümündeki derin ortamın odak noktaları F ve F' dir.

F noktasında Şekildeki gibi oluşturulan dairesel dalgalar derin ortamdaki Şekillerden hangisi gibi yayılır?

- A) B) C) D) E)

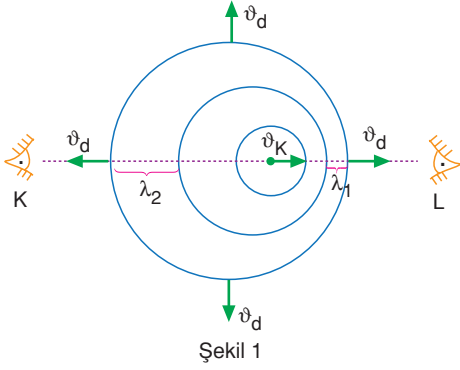
Çözüm



Sığ ortam çok kırıcı, derin ortam az kırıcı özellik taşır. Sığ ortamda bulunan ince kenarlı mercek biçimindeki derin bölge iraksak mercek gibi davranır. Bu nedenle odakta gelen dairesel dalgalar derin bölümü geçtikten sonra Şekildeki gibi yayılır.

YANIT C

DALGA KAYNAĞININ HAREKETİNİN DALGA BOYUNA ETKİSİ (DOPPLER OLAYI)



Şekil 1

Derinliği sabit olan bir dalga leğeninde bulunan noktasal dalga kaynağı, L gözlemcisine doğru, dalgaların yayılma hızından daha küçük bir hızla hareket ediyor olsun. Dalgaların herhangi bir andaki görünümü Şekil 1'deki gibi olur.

Kaynağın hareketi yönündeki dalgaların dalga boyu (L gözlemcisinin gördüğü dalgaların dalga boyu) λ_1 ; dalganın bir periyotluk zamanda aldığı yol ile kaynağın aynı sürede aldığı yolun farkına eşittir.

Dalgaların hızı v_d , kaynağın hızı v_K , periyot T ise;

$$\lambda_1 = v_d \cdot T - v_K \cdot T$$

$$\lambda_1 = (v_d - v_K)T \text{ olur.}$$

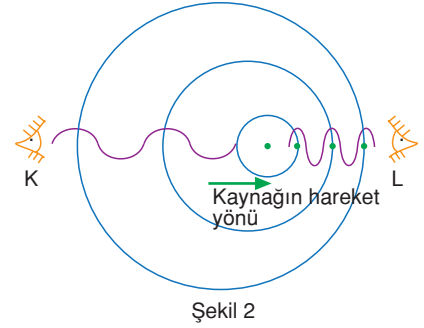
Kaynağın hareketine zıt yöndeki dalgaların boyu (K gözlemcisinin gördüğü dalgaların boyu) λ_2 ; bir periyotluk zamanda dalganın aldığı yol ile kaynağın aldığı yolların toplamına eşittir.

Buna göre;

$$\lambda_2 = v_d \cdot T + v_K \cdot T$$

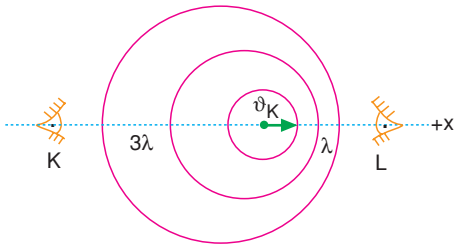
$$\lambda_2 = (v_d + v_K)T \text{ olur.}$$

K ve L gözlemcileri dalga boylarını Şekil 2'deki gibi farklı görür.



Şekil 2

Örnek



Derinliği sabit olan dalga leğenindeki noktasal kaynak v_K hızıyla +x yönünde Şekildeki gibi hareket etmekte olup K ve L gözlemcilerine göre dalgaların dalga boyları sırasıyla 3λ ve λ dır.

Kaynağın titreşim periyodu sabit, $v_K = v$ olduğuna göre dalgaların yayılma hızının büyüklüğü kaç v dir?

- A) $\frac{3}{2}$ B) 2 C) 3 D) 4 E) 6

Çözüm

Dalgaların yayılma hızının büyüklüğü v_d , kaynağın titreşim periyodu T olsun.

Dalgaların L gözlemcisine göre dalga boyu;

$$\lambda = (v_d - v_K) T \text{ ①}$$

K gözlemcisine göre dalga boyu;

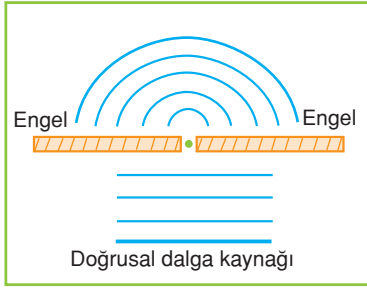
$$3\lambda = (v_d + v_K) \cdot T \text{ ② dır.}$$

① ve ② bağıntılarından

$$v_d = 2v_K = 2v \text{ bulunur.}$$

YANIT B

SU DALGALARINDA KIRINIM



Şekil 1

Derinliği her yerde aynı olan dalga leğeni Şekil 1'deki gibi yerleştirilen engellere paralel olarak periyodik doğrusal dalgalar gönderilsin. Engeller arasındaki aralık, gönderilen dalgaların dalga boyuna yakın genişlikte ise dalgalar aralıktan geçtikten sonra sanki iki engelin arasındaki bir kaynaktan geliyormuş gibi bükülür ve dairesel dalga olarak yayılır.

Dalgaların dar bir yarıktan geçerken dağılması olayına "kırınım" denir.

Su dalgalarının kırınımı, dalgaların λ dalga boyu ile aralığın W genişliğine bağlıdır.



Şekil 2

Şekil 3

Şekil 4

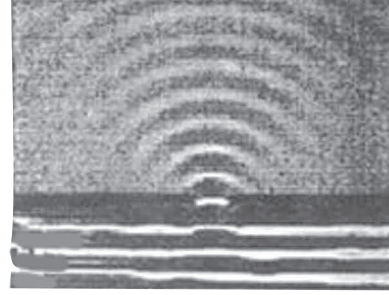
$\lambda > W$ ise Şekil 2'deki gibi net bir kırınım gözlenir. Doğrusal dalga kaynağının frekansı artırılıp dalga leğenindeki dalga boyları küçültülürse aralıktan geçen dalgaların bükülmesi Şekil 3'teki gibi azalır. Dalgaların frekansı daha da artırılıp $\lambda < W$ yapılırsa Şekil 4'teki gibi bükülmeler hemen hemen kaybolur ve dalgalar, aralık genişliğinde doğrusal dalgalar olarak ilerler.

Kaynağın frekansı dolayısıyla su dalgalarının dalga boyları sabit tutulup aralığın genişliği artırılırsa kırınımın azaldığı, $W > \lambda$ olduğunda da kaybolduğu gözlenir.

Su dalgalarının kırınımı yat limanlarında ve dar boğazlı koylarda da gözlenebilir.

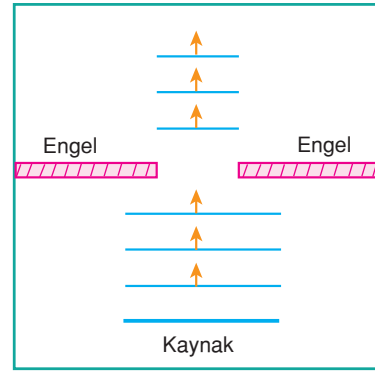
Işıқта da kırınım olayı gözlenebilir. Işık, genişliği 0,1 mm den küçük aralıklardan geçerken dağılır. Ayrıca Şekil 4'teki olay ışığın gölge olayını açıklar. 0,1 mm den geniş bir aralığa, paralel ışık demeti düşürüldüğünde, aralık boyunca aydınlık, engellerin arkasından da

karanlık olduğu görülür. Işık, dalga boyu çok küçük dalgalar olarak düşünülebilir.



Kırınıma uğrayan periyodik su dalgaları

Örnek



Derinliği sabit olan bir dalga leğeninde oluşturulan doğrusal dalgaların engellerin arasından geçişi Şekildeki gibidir.

Dalgaların kırınıma uğraması için,

- I. Engeller arasındaki aralığı küçültmek
- II. Dalga leğeni su ilave etmek
- III. Kaynağın titreşim frekansını artırmak

işlemlerinden hangileri tek başına yapılabilir?

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

Çözüm

Dalgalar kırınıma uğramadığına göre yarıklar arasındaki uzaklık, dalgaların dalga boyundan büyüktür.

Dalgaların kırınıma uğraması için yarıkların genişliğini azaltmak ya da dalgaların dalga boyunu artırmak gerekir.

DALGALAR VE GİRİŞİM

Dalgaların dalga boyu λ , frekansı f , ortamdaki yayılma hızı ϑ ise;

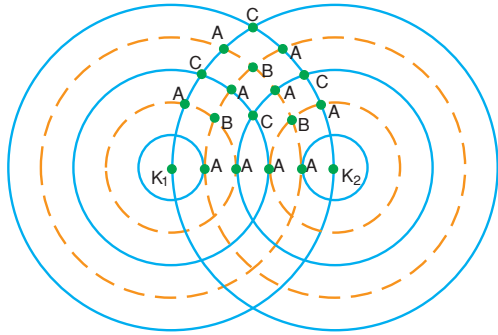
$$\lambda = \frac{\vartheta}{f} \text{ dir.}$$

Bu bağıntıya göre dalga boyunun artması için dalga leğeni su ilave ederek dalgaların hızını artırmak ya da kaynağın titreşim frekansını azaltmak gerekir. O halde kırınımına uğrayabilmeleri için I ve II işlemleri tek başına yapılmalıdır.

YANIT B

SU DALGALARININ GİRİŞİMİ

Sabit derinlikli dalga leğenindeki özdeş ve noktasal kaynakların oluşturduğu dairesel dalgalar yayılırken birbirinin içinden geçer. Dalgalar birbirinin içinden geçerken birbirini kuvvetlendirir ya da birbirini sönümler. Bu olaya "girişim", oluşan desene de "girişim deseni" denir.



Şekil 1

K_1 ve K_2 kaynakları özdeş olduğundan frekansları, oluşan dalgaların dalga boyları ve genlikleri aynıdır. Herhangi bir anda kaynakların oluşturdukları dalgaların görünümü Şekil 1'deki gibi olup düz çizgiler dalgaların tepelerini, kesikli çizgiler dalgaların çukurlarını göstermektedir.

Girişim deseni üzerinde üç özel nokta vardır. Bu noktalar A, B, C ile gösterilsin.

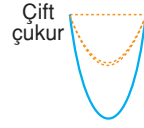
1. A noktaları:



Şekil 2

Bu noktalar, kaynakların birinden tepe alıyorsa diğerinden çukur alır. Tepe ile çukur Şekil 2'deki gibi birbirini sönümler. Bu nedenle hareketsiz yani titreşimsizdir. Bu noktalara **düğüm noktaları** denir.

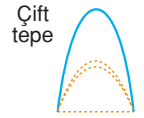
2. B noktaları:



Şekil 3

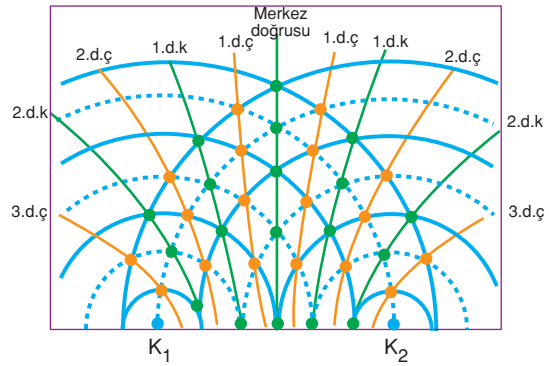
Bu noktalara iki kaynaktan da çukur gelir. İki çukur üst üste binince bu noktalarda Şekil 3'teki çift çukur oluşur. Bu noktalar maksimum genlikle titreşen noktalarlardır.

3. C noktaları:



Bu noktalara her iki kaynağın oluşturduğu tepeler aynı anda gelir. İki tepe üst üste binince Şekil 4'teki gibi çift tepe oluşur. Bu noktalar maksimum genlikle titreşir.

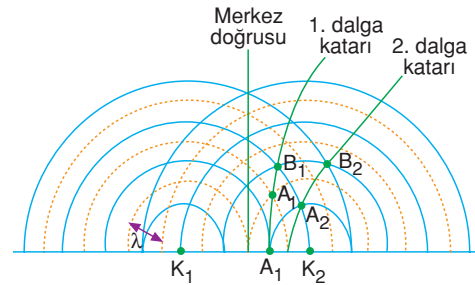
Çift tepe ve çift çukur noktalarına **karın noktaları** denir.



Şekil 5

Girişim deseni üzerindeki çift tepe ve çift çukurları (maksimum genlikle titreşen noktaları) Şekil 5'teki gibi birleştiren çizgilere "dalga katarı" ya da "karın çizgisi", hareketsiz noktaları (düğüm noktalarını) birleştiren çizgilere de "düğüm çizgileri" denir.

Girişim deseni üzerinde alınan bir noktanın dalga katarı ya da düğüm çizgisi üzerinde olması, bu noktanın kaynaklara uzaklığı farkına yani yol farkına bağlıdır.



Şekil 6

Şekil 6'daki özdeş ve noktasal K_1 ve K_2 kaynakları aynı fazda çalışmakta olup düz çizgiler dalgaların tepelerini, kesikli çizgiler dalgaların çukurlarını göstermektedir.

Merkez doğrusu üzerindeki noktaların kaynaklara uzaklığı farkı sıfırdır. Bu nedenle merkez doğrusu üzerindeki noktalar, aynı anda, kaynaklardan tepe ya da çukur alır ve merkez doğrusu üzerinde dalga katari oluşur.

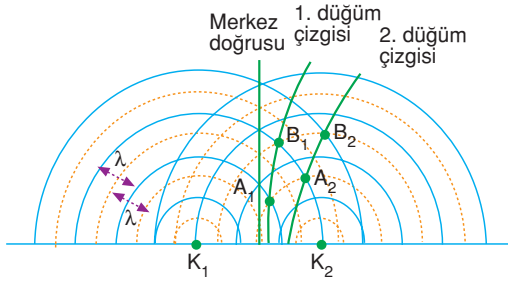
Merkez doğrusunun sağında oluşan 1. dalga katari üzerindeki A_1 ve B_1 noktalarının K_1 ve K_2 kaynaklarına uzaklıkları farkı dalgaların dalga boyu yani λ kadardır ve 1. dalga katari üzerindeki nokta çift tepe ya da çift çukurdur.

2. dalga katari üzerindeki A_2 ve B_2 noktalarının kaynaklara uzaklıkları farkı 2λ dir. 2. dalga katari üzerindeki noktalarda çift tepe ya da çift çukurdur.

Girişim deseninde n. dalga katari üzerindeki bir noktanın kaynaklara uzaklıkları farkı (yol farkı) ΔS ise;

$$\Delta S = n\lambda \text{ olur.}$$

$n = 1, 2, 3 \dots$ gibi tam sayı olup merkez doğrusundan itibaren kaçınıcı dalga katari olduğunu ifade eder.



Şekil 7

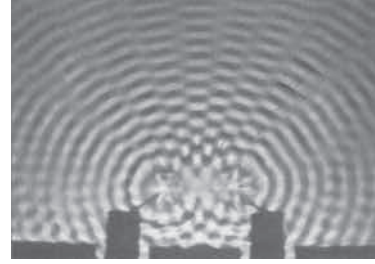
Şekil 7'deki özdeş, noktasal ve aynı fazda titreşen K_1 ve K_2 kaynaklarının ürettiği dalgaların oluşturduğu girişim deseninde, 1. düğüm çizgisi üzerinde alınan A_1 ve B_1 noktalarının ve diğer tüm noktaların kaynaklara uzaklıkları farkı $\frac{\lambda}{2}$ dir.

2. düğüm çizgisi üzerinde alınan A_2 ve B_2 noktaları ile diğer bütün noktaların kaynaklara uzaklıkları farkı $3\frac{\lambda}{2}$, 3. düğüm çizgisi üzerindeki noktaların kaynaklara uzaklıkları farkı da $5\frac{\lambda}{2}$ dir.

O halde n. düğüm çizgisi üzerinde alınan noktaların K_1 ve K_2 kaynaklarına uzaklıkları farkı (yol farkı) ΔS ,

$$\Delta S = (n - \frac{1}{2})\lambda \text{ dir.}$$

$n = 1, 2, 3, \dots$ gibi tam değerler alıp merkez doğrusundan itibaren kaçınıcı düğüm çizgisi olduğunu ifade eder.

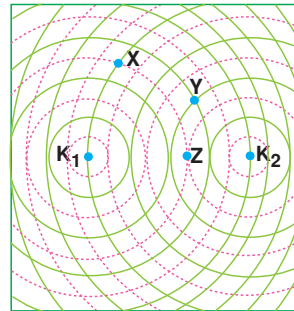


Aynı fazda çalışan özdeş ve noktasal iki kaynağın oluşturduğu girişim deseni

UYARI

- ★ Kaynakları birleştiren doğrunun orta dikmesine merkez doğrultusu denir. Özdeş kaynaklar, birlikte batıp çıkıyorsa merkez doğrultu üzerindeki noktalar maksimum genlikte titreşir. Yani merkez doğrultusunda dalga katari oluşur.
- ★ Özdeş kaynaklar birlikte batıp çıkıyorsa, düğüm çizgileri ile karın çizgileri merkez doğrultusunun iki yanına simetrik olarak düğüm, karın, düğüm... şeklinde yerleşir.
- ★ Kaynaklardan biri diğerine göre geç batıp çıkarsa girişim deseni geçiken kaynağa doğru kayar.

Örnek



Aynı fazda çalışan özdeş ve noktasal K_1 ve K_2 kaynaklarının oluşturduğu dalgaların herhangi bir andaki görünümü Şekildeki gibidir.

Düz çizgiler dalgaların tepelerini, kesikli çizgiler dalgaların çukurlarını gösterdiğine göre;

- I. X noktası düğüm çizgisi üzerindedir.
- II. Y noktası dalga katari üzerindedir.
- III. Z noktası dalga katari üzerindedir.

yargılarından hangileri doğrudur?

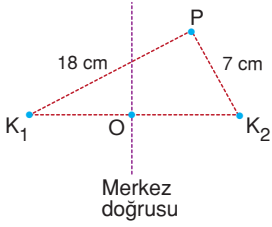
- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) I, II ve III

Çözüm

X noktası K_1 kaynağından tepe, K_2 kaynağından çukur almaktadır. Tepe ile çukurun girişimi sonucunda X noktası hareketsiz kalır ve düğüm çizgisinin üzerinde olur. I. yargı doğrudur. Y noktası çift tepe, Z noktası çift çukur üzerinde olduğundan Y ve Z noktaları dalga katarlarının üzerindedir. II. ve III. yargılar da doğrudur.

YANIT E

Örnek



Sabit derinlikli dalga leğeninde, aynı fazda titreşen özdeş K_1 ve K_2 kaynakları periyodik dalgalar üretiyor.

Kaynaklardan 18 cm ve 7 cm uzaktaki P noktası 3. düğüm çizgisi üzerinde bulunduğu göre, oluşan dalgaların dalga boyu kaç cm dir?

- A) 2 B) 3,6 C) 4 D) 4,4 E) 5

Çözüm

3. düğüm çizgisi için yol farkı:

$$\Delta S = (n - \frac{1}{2}) \lambda = (3 - \frac{1}{2}) \lambda = (18 - 7 = 11 \text{ cm}) \frac{5}{2} \quad \lambda = 11 \Rightarrow \lambda = 4,4 \text{ cm olur.}$$

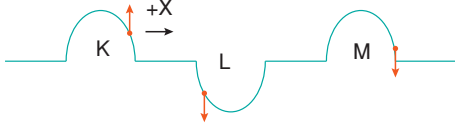
YANIT D

Etkinlik 1

Aşağıdaki yargılardan doğru olanların yanına "D", yanlış olanların yanına da "Y" yazınız.

1. Bir dalga'nın bir tepe ile bir çukurun arasındaki uzaklığına dalga boyu denir.
2. Ağır bir yayda başaşağı olarak ilerleyen atma, hafif yaya geçerken iletilen bölüm başyukarı olur.
3. Bir dalga leğeninde sığ bölgeden derin bölgeye geçen atmanın yayılma hızı artar.
4. Bir dalga kaynağının genliği arttırılırsa, dalga boyu küçülür.
5. Bir dalga leğeninde, λ dalga boylu dalga yayan özdeş ve aynı farklı iki nokta kaynağa uzaklıkları farkı $4,5\lambda$ olan nokta, 5. düğüm çizgisi üzerindedir.
6. Su dalgalarının dalga boyu arttıkça, kırınım olayı daha da artar.
7. Doğrusal dalgalar asal eksenine paralel olarak ilerledikleri çukur engelden yansdıktan sonra, çukur engelin merkezinde odaklanır.
8. Dalga leğeninde, özdeş iki nokta kaynak arasındaki uzaklık arttırılırsa, kaynaklar arasından geçen düğüm çizgileri sayısı artar.

1.

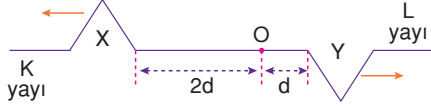


K, L ve M atmaları bir yay üzerinde ilerlerken, yay halkalarının anlık hareket yönleri düşey oklarla gösterilmiştir.

Atmalardan hangileri +X yönünde ilerliyor?

- A) Yalnız K B) Yalnız L C) Yalnız M
D) K ve L E) L ve M

2.



O noktasında birbirine eklenerek gerilmiş iki yaydan biri üzerinde ilerleyen atma O noktasında X ve Y atmalarını oluşturuyor.

Buna göre,

- I. X yansımış atmadır.
II. X atmasının yayılma hızı Y'ninkinden büyüktür.
III. Y atmasının uzunluğu X'inkinden büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

3.

Bir dalga leğeninde doğrusal bir dalga kaynağından yayılan dalgaların yayılma hızı ϑ , dalga boyu λ ve frekansı f 'dir.

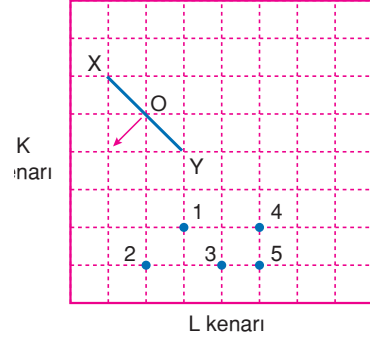
Leğendeki su derinliği biraz artırılırsa,

- I. ϑ artar.
II. λ artar.
III. f değişmez

yargılarından hangileri doğrudur?

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

4.

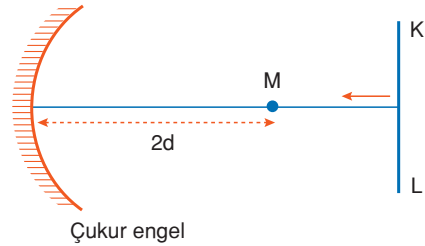


Su derinliği her yerinden aynı olan bir dalga leğeninde XOY atması Şekildeki gibi ilerliyor.

Atmanın O noktası leğenin L kenarına çarptığı anda, Y ucu hangi noktada olur?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

5.

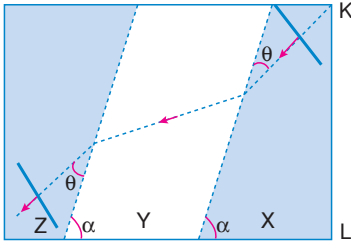


Bir dalga leğeninde M noktasal kaynağından yayılan atma engelde yansıyarak yine M noktasında odaklanıyor.

Buna göre KL atması çukur engelden kaç d kadar uzakta odaklanır?

- A) 1 B) 2 C) 4 D) 6 E) 8

6.

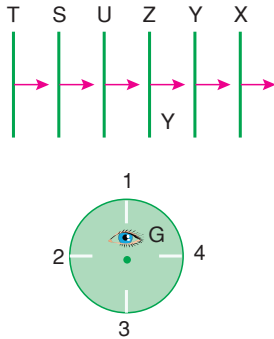


Bir dalga leğeninde X bölgesinde ilerleyen bir atmanın Y ve Z bölgelerindeki ilerleme doğrultuları Şekildeki gibidir.

Buna göre, bu bölgelerin derinlikleri arasındaki ilişki nedir?

- A) $h_X < h_Y < h_Z$ B) $h_X = h_Y = h_Z$
 C) $h_Z < h_Y < h_X$ D) $h_Y < h_X = h_Z$
 E) $h_X < h_Z < h_Y$

7.



Şekildeki periyodik su dalgalarının frekansı $f_d = 24\text{Hz}$ dir. 4 yarıklı stroboskop saniyede 2 devir yapıyorken G gözü dalgalara bakıyor. 1 numaralı yarık gözün önündeyken göz dalgaları Şekildeki konumda görünüyor.

1 numaralı yarık yerini 2 numaralı yarık aldığı anda, X atmasının yerini hangi atma alır?

- A) Y B) Z C) U D) S E) T

8. Doğrusal su dalgaları, bir dalga leğeninde iki engel arasından geçince kırınıma uğruyor.

Kırınımın azalması için;

- I. Dalgaların frekansını artırma
 II. Engeller arasındaki uzaklığı azaltma
 III. Leğendeki su derinliğini artırma

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

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

9. Bir dalga leğeninde, aynı fazdaki özdeş iki nokta kaynağın oluşturduğu girişim deseninde 3. düğüm çizgisi üzerindeki bir noktanın kaynaklara uzaklıkları farkı 20 cm'dir.

Buna göre, desende 2. dalga katarı ortasındaki bir noktanın kaynaklara uzaklıkları farkı kaç cm dir?

- A) 8 B) 12 C) 16 D) 18 E) 24

10. Bir dalga leğeninde aynı fazda çalışan iki nokta kaynak girişim deseni oluşturmuştur.

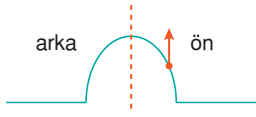
Kaynaklar arasından geçen düğüm çizgilerinin sayısının artması için;

- I. Leğene su eklemek
 II. Kaynakların frekansını artırmak
 III. Kaynaklar arasındaki uzaklığı azaltmak

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

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

1.



Bir atmanın ön tarafındaki yay halkaları denge konumundan uzaklaşır, arka tarafındakiler denge konumuna yaklaşır. Yalnız K atması +x yönünde ilerliyor.

YANIT A

2.

X atması O ek noktasından daha çok uzaklaştığına göre, X'in yayılma hızı Y'ninkinden daha fazladır. O halde X atması hafif yay, Y atması ağır yay üzerinde ilerliyor. Atmalardan biri O noktasında ters dönerek yansımıştır. Hafif yayda ilerleyen atma, ağır yaya geçerken yansıyan atma ters döner. Demek ki gelen atma K yayı üzerinde, başaşağı ilerliyordu. X yansımış atmadır. I. yargı doğrudur. X in yayılma hızı Y'ninkinden büyüktür. II. yargı da doğrudur. Hızlı ilerleyen X'in uzunluğu Y'ninkinden büyüktür. III. yargı yanlıştır.

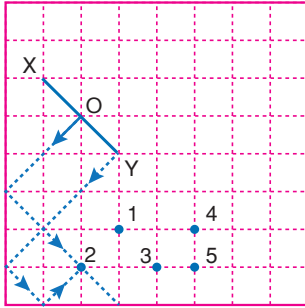
YANIT D

3.

Leğendeki su derinliği artarsa, dalgaların yayılma hızı artar. Frekans kaynağa bağlı olup su derinliğinden etkilenmez. $f \cdot \lambda = v$ olduğundan v artınca λ da artar. Her üç yargı da doğrudur.

YANIT E

4.



Atmanın O orta noktası leğenin önce kenarından yansıyıp sonra L kenarına varması için şekildeki gibi 5 kare köşegeni kadar yol alır. Y kenarı da aynı sürede aynı yolu alarak 2 noktasına gelir.

YANIT B

5.

M noktasındaki noktasal kaynaktan yayılan çember biçimli atma engelden yansiyarak yeniden M noktasında toplandığına göre, M noktası engelin merkez noktasıdır. Asal eksene paralel gelen K L atması ise engelden yansdıktan sonra, merkez noktası ile engel ortasındaki odak noktasında toplanır. Odak uzaklığı yarıçapın yarısına eşit olduğundan K L atması engelden d kadar uzakta odaklanır.

YANIT A

6.

Y bölgesinin sınırları paralel ve atma X ve Z bölgesinde aynı doğrultuda ilerlediğinden X ile Z bölgeleri aynı derinlikte olmalıdır. X bölgesinden Y'ye geçen atmanın ilerleme doğrultusu normale yaklaşmıştır. Y bölgesi X'e göre sığır. $h_Y < h_X = h_Y$

YANIT D

7.

1 numaralı yarığın yerini 2 numaralı yarığın alması için stroboskop $1/4$ devir yapmalıdır.

Bu olay $\Delta t = \frac{1}{8}$ saniyede olur. Dalganın periyodu $1/24$ saniye olduğuna göre, $\Delta t = \frac{1}{8}$ saniyede her atma 3 dalga boyu kadar yer değiştirir. X'in yerine U atması gelir.

YANIT C

8.

Kırınım $\frac{\lambda}{w}$ oranına bağlıdır. Kırınımın azalması için λ azalmalı ya da w engeller arasındaki uzaklık artmalıdır.

$f \cdot \lambda = v$ olduğundan frekans (f) artırılırsa dalga boyu (λ) azalır. I. işlem olabilir. w azaltılırsa, kırınım artar. II. işlem olmaz. Leğendeki su derinliği artırılırsa, hız (v) ve dalga boyu (λ) artar. III. işlem de olmaz.

YANIT A

9.

Dalga boyu λ ise n . düğüm çizgisi üzerindeki noktanın kaynaklara uzaklıkları farklı

$$\Delta s = (n - \frac{1}{2})\lambda \text{ dir. } 20 = (3 - \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow \lambda = 8 \text{ cm}$$

bulunur. 2. dalga katarı üzerindeki bir noktanın kaynaklara uzaklıkları farkı: $\Delta s = n \cdot \lambda = 2 \cdot 8 = 16 \text{ cm}$ olur.

YANIT C

10.

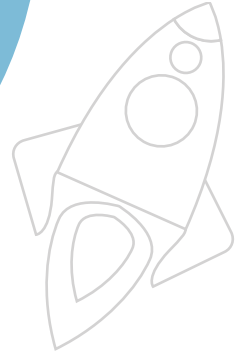
Kaynaklar arasından geçen düğüm çizgilerinin sayısının artması için ya kaynaklar arasındaki uzaklık artırılmalı ya da dalga boyu azaltılmalıdır. Leğene su eklenirse hız ve dalga boyu artar. I. işlem olmaz. Kaynakların frekansı artırılırsa, dalga boyu küçülür. II. işlem olur. Kaynaklar arasındaki uzaklık azaltılırsa, aradan geçen düğüm sayısı azalır. III. işlem de olmaz.

YANIT B

$$E=mc^2$$

FİZİK

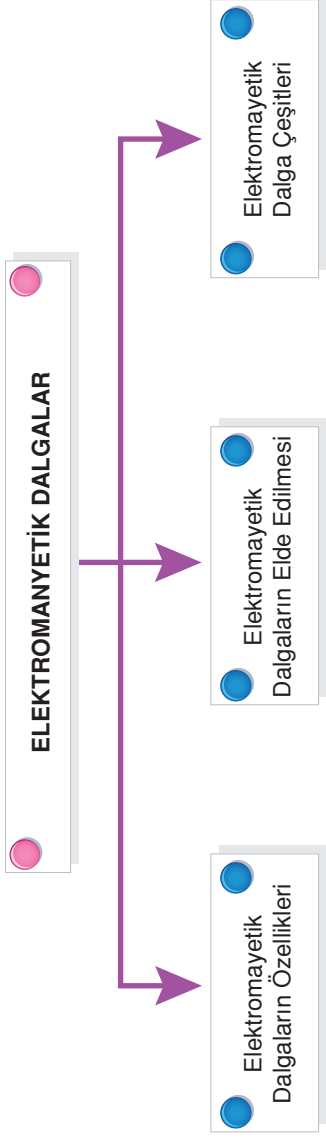
YKS - AYT

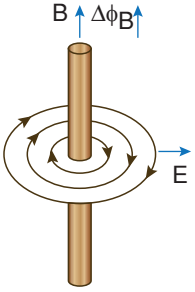


ELEKTROMANYETİK DALGALAR

- ***Elektromanyetik Dalgaların Özellikleri***
- ***Elektromanyetik Dalgaların Elde Edilmesi***
- ***Elektromanyetik Dalga Çeşitleri***

AKILLI HARİTAM



ELEKTROMANYETİK DALGALAR**Elektromanyetik Dalgaların Oluşumu**

Şekil 1

Elektromanyetik dalgaların varlığını ilk defa ortaya koyan Maxwell, ortada gerçek bir devre olsa da olmasa da indüksiyon olaylarının geçerli olduğunu ve değişen manyetik alan çevresinde Şekil 1'deki gibi bir elektrik alan oluştuğunu ve değişen manyetik alan çevresinde elektrik alan çizgilerinin aynı merkezli çemberler şeklinde uzaya yayıldığını teorik olarak göstermiştir.

Düzgün bir \vec{B} manyetik alanı uzayda \vec{v} hızıyla hareket ederse bir indüksiyon emk'si ve akımı oluşur. Dolayısıyla yönü Lenz kanununa göre bulunan, sınırı \vec{v} hızıyla hareket eden \vec{B} manyetik alanıyla sınırlı, hem \vec{v} ye hem de \vec{B} ye dik ve büyüklüğü $\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$ olan bir elektrik alan eşlik eder.

Uzayın veya herhangi bir maddesel ortamın bir noktasında meydana gelen manyetik alan değişimi derhal bir elektrik alan değişimine, elektrik alan değişimi ise derhal bir manyetik alan değişimine neden olur. Böylece birbirini doğuran elektrik ve manyetik alan değişim vektörleri her an birbirine dik olur. Bir noktada meydana getirilen elektrik veya manyetik alan değişimi derhal diğerini de davet ederek ve indüksiyonlar önceki noktadan sonraki noktaya geçerek, tıpkı esnek bir ortamda meydana getirilen geçici Şekil değişiminde olduğu gibi uzayda belli bir v hızıyla yayılır. Eğer bir noktada geçici bir alan değişimi yerine periyodik bir alan değişimi oluşturulursa bu amaç için harcanan enerji ışık hızıyla, aynı periyotlu elektrik ve manyetik alan değişimleri yani elektrik ve manyetik alan dalgaları olarak uzaya yayılırlar. Yukarıdakine benzer teorik bir tahmin ile 1864 yılında I.C.Maxwell'in ortaya koyduğu bu dalgalara **elektromanyetik dalgalar (emd)** denir.

Maxwell'in elektromanyetizmaya katkısı, formüle ettiği yasaların tüm elektromanyetik olaylara temel oluşturması bakımından önemlidir. Mekanik olayların incelenmesinde Newton kanunlarının rolü ne ise elektromanyetik olayların incelenmesinde Maxwell'in geliştirdiği teori odur.

Maxwell denklemleri, şu ana kadar tartışılmış olan elektrik ve manyetizmanın kanunlarını temsil eder. Bununla birlikte bu denklemler ışık hızıyla yayılan elektromanyetik dalgaların varlığını öngörür. Ayrıca elektromanyetik dalgaların, ivmeli hareket yapan yükler tarafından yayımlandığını gösterir.

Maxwell denklemlerinin ifade ettikleri yasalar dört tane olup ortamda herhangi bir dielektrik ve manyetik malzemenin olmadığı yani serbest uzaya uygulandığı biçimleri aşağıdaki gibidir.

1. Elektrik Alan İçin Gauss Yasası

Bu yasa, herhangi bir kapalı devreden geçen toplam elektrik akısının bu yüzey içindeki net yük ile doğru orantılı olduğunu ifade eder.

2. Manyetik Alan İçin Gauss Yasası

Bu yasa, kapalı bir yüzeyden geçen manyetik akının sıfır olduğunu ifade eder. Yani kapalı bir hacme giren manyetik alan çizgilerinin sayısı, bu hacmi terkeden alan çizgisi sayısına eşittir. Bu, manyetik alan çizgilerinin herhangi bir noktada başlayamayacağını ya da sona eremeyeceğini anlatır. Bu yüzden manyetik tek kutup yoktur.

3. Faraday'ın İndüksiyon Yasası

Bu yasa, bir iletken halkanın içinden geçen manyetik akı değişiminin, bu halkada indüksiyon emk sinin ve indüksiyon akımının oluştuğunu ifade eder Halkada oluşan indüksiyon emk si; manyetik akının değişim hızının ters işaretlisine eşittir.

4. Amper - Maxwell Yasası

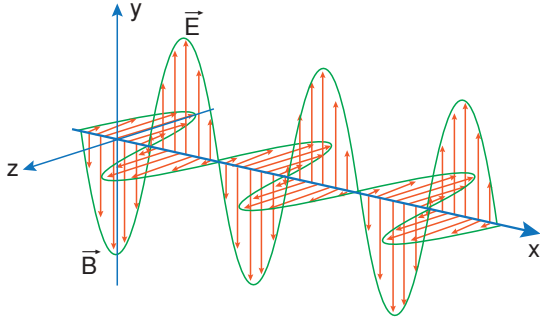
Bu yasa, bir yerdeki elektrik alanın değişmesinin (dolayısıyla elektrik akısının değişmesinin) bunu çevreleyen bir manyetik alanın oluşmasına neden olduğunu ifade eder.

Örnek

- I. Kapalı bir devreden geçen toplam elektrik akısı, bu yüzey içindeki net yükü doğru orantılıdır.
- II. Bir iletken halkadan geçen manyetik akının değişmesi, halkada indüksiyon emk si ve indüksiyon akımı oluşturur.
- III. Bir yerdeki elektrik alanın değişmesi bunu çevreleyen bir manyetik alan oluşturur.

Yukarıda verilenlerden hangileri Maxwell denklemleri ile açıklanır?

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



Çözüm

I, elektrik alanlar için Gauss yasası; II, Faraday'ın indüksiyon yasası; III, Amper - Maxwell yasası olup üçü de Maxwell denklemleri ile açıklanır.

YANIT E

Şekil 2'de +x yönünde ilerleyen bir elektromanyetik dalgada elektrik ve manyetik alanlar görülmektedir.

Elektromanyetik dalgaların ışık hızıyla yayılıyor olması, ışık dalgaları ile elektromanyetik dalgaların aynı karakterde olduklarına işaretler. Elektrik alan ve manyetik alan değişimleri yayılma doğrultusuna dik olduğuna göre, elektromanyetik dalgalar enine dalgalardır. Diğer dalga hareketleri için geçerli olan

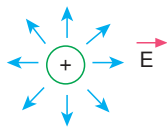
$$\lambda = \frac{v}{f}$$

bağıntısı elektromanyetik dalgalar için de geçerlidir. Burada elektromanyetik dalgaların; f frekansı, v hareket ettikleri ortamdaki hızı, λ da dalga boyudur.

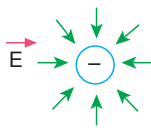
Elektromanyetik Işıma

Bütün elektrik ve manyetik alanlar, yüklerden ve yüklerin hareketlerinden meydana gelirler. Elektrik alanlar, durgun ve hareketli yüklerin çevresinde; manyetik alanlar ise yalnız hareketli yüklerin çevresinde oluşur.

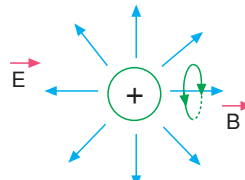
Durmakta olan bir elektriksel yükün çevresinde yalnızca uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak çabucak azalan ve pek uzaklara yayılmayan, Şekil 1 ve Şekil 2'deki gibi Coulomb alanı vardır.



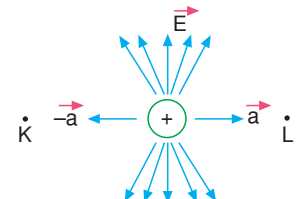
Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3



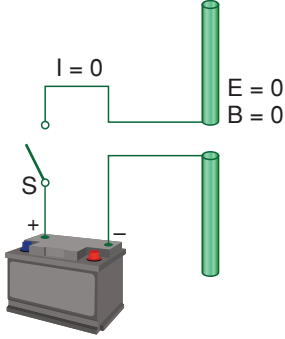
Şekil 4

Sabit hızla hareket eden yükün çevresinde de Coulomb alanı oluşur. Yük hareketli olduğu için herhangi bir bölgedeki elektrik akı değişiminden dolayı elektrik alanla birlikte ayrıca bir de manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan Şekil 3'deki gibi Coulomb alanı bölgesinde sınırlanmış olup yükü beraber sabit hızla hareket eder ve çok uzaklara yayılamaz. Yüklü taneciğe ivmeli hareket yaptırılırsa, ivmeli hareket eden yükler çok uzaklara yayılabilen elektrik ve manyetik alan (elektromanyetik dalga) meydana getirirler.

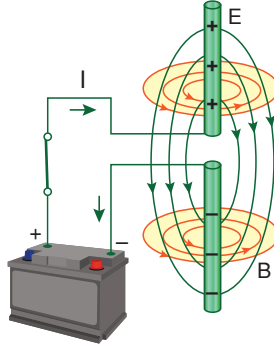
Yükler, Şekil 4'teki gibi K - L noktaları arasında ivmeli hareket ederken bu noktalarda elektrik alan sürekli değişir.

Elektrik alanların sürekli değişmesi, oluşan manyetik alanların da tüm uzay boyunca değişmesine neden olur. Değişen manyetik alanlar değişen elektrik alanları oluşturur ve bu ikili sürekli birbirini meydana getirerek uzaya yayılır. Bu olaya **elektromanyetik dalgaların ışıması** denir. Elektromanyetik dalgaların enerji kaynağı yüklü parçacığı ivmelenme sırasında harcanan enerjidir.

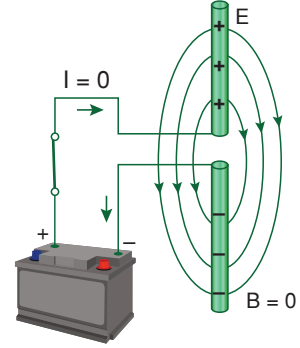
Elektromanyetik dalgaların nasıl oluşturuldukları, bir akım kaynağına iki iletken çubuğun uçları bağlanarak kurulan anten devresi yardımıyla açıklanabilir.



Şekil 5



Şekil 6

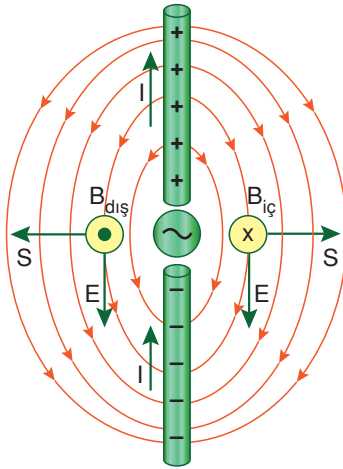


Şekil 7

Bir bataryaya Şekil 5'teki gibi bağlanan bir çift metal çubuk, anahtar açıkken yani akım geçmediği zaman, elektrik ve manyetik alanların her ikisi de sıfırdır.

Anahtar kapatılıp çubuklar Şekil 6'daki gibi yüklü hale gelirken (bu durumda akım vardır.) çubuklar, değişen elektrik ve manyetik alanlar oluştururlar. Elektrik alan pozitif yüklü çubuktan negatif yüklü çubuğa doğru olup oluşan manyetik alan değişen elektrik alanı çevrelemektedir.

Çubuklar Şekil 7'deki gibi tam olarak yüklendiklerinde ise akım sıfır olur, elektrik alan maksimum değere ulaşır ve elektrik akı değişimi ortadan kalkar. Bu yüzden manyetik alan da sıfır olur.



Şekil 8

Şekil 8'deki anten değişken akım kaynağına (alternatif akım kaynağına) bağlanırsa elektrik yükleri iki çubuk arasında ileri - geri yönlerde ivmelenmeye zorlanır. Bu sistemde elektrik alan çizgileri eşit ve zıt yüklü iki cismin etrafındaki alan çizgilerine benzer. Yükler iki çubuk arasında sürekli ve periyodik olarak titreştiğinden elektrik alanın şiddeti ve yönü periyodik olarak değişir. Dolayısıyla manyetik alan oluşur. Manyetik alan çizgileri anten etrafında eş merkezli daireler oluşturur. Manyetik alan çizgileri her noktada elektrik alan çizgilerine diktir. Oluşan bu elektromanyetik dalgalar uzaya yayılır.

Şekil 8'deki elektrik alan E, manyetik alan B, yayılma doğrusu S, I akımının yukarıya yöneldiği bir andaki yönlerini göstermektedir.

Verici antendeki yüklerin titreşim frekansı yayılan elektromanyetik dalgaların da frekansıdır. Her radyo istasyonu elektrik yüklerini anten boyunca, belli bir frekansla ileri - geri titreştirir. Yayılan elektromanyetik dalgalar, alıcı antendeki yükleri de aynı frekansla titreştirir. Böylece verici antenden gönderilen sinyaller alınmış olur. Verici anten yataysa elektrik alan da yatay olur. Sinyallerin alınabilmesi için alıcı antenin de yatay olması gerekir.

Modern parçacık hızlandırıcılarında, merkezci ivmesi olan çok yüksek enerjili elektronların yörünge çevresine bakıldığında bir ışık yayıldığı görülür. Bu bildiğimiz görünür ışıktır. O halde görünür ışık, kaynağı ivmeli elektrik yükleri olan bir elektromanyetik ışımadır.

Varlığı ve özellikleri Maxwell tarafından teorik yoldan ortaya koyulan elektromanyetik dalgalar 1887 yılında yani 23 yıl sonra Alman fizikçisi H. Hertz tarafından denel olarak elde edilmiştir. Hertz elektriksel düzenekler kullanarak, bugün radyo dalgaları dediğimiz ışımaları elde etmeyi ve bunların ışık hızıyla yayıldıklarını göstermeyi başarmıştır.

Hertz sadece bunlarla kalmamış aynı zamanda ışıkta karşılaşılan yansıma, kırılma, girişim, kırınım ve polarizasyon olaylarının elektromanyetik dalgalarda da meydana gelebileceğini deneylerle ispatlamış, ilgili yasaların optikteki aynısı olduklarını göstermiştir.

Hertz, elektromanyetik dalgaları deneysel olarak bulmuş ve özelliklerini belirlemiş olmasına rağmen bu dalgaların uygulama alanında yararlanma bakımından bir çalışması veya uygulamaya yönelik önerisi olmamıştır. Elektromanyetik dalgalarla haberleşme ve radyo yayınlarının öncüsü G. Marconi'dir.

UYARI

Durgun yükler ya da kararlı akımlar elektromanyetik dalga oluşturmaz. Elektromanyetik dalga oluşturan ivmeli hareket yapan yüklerdir.

ELEKTROMANYETİK DALGALARIN SPEKTRUMU

Elektromanyetik dalga spektrumu γ ışınlarından radyo dalgalarına kadar yayılmış sürekli bir ışımaya dizisidir. Bunlar sadece elektromanyetik ışımaya kaynağına göre yapılan bir sınıflandırmayı gösterirler. Bütün kısımlardaki ışımalar aynı hızla yayılır. Aralarındaki tek fark frekanslarının ve dalga boylarının farklı oluşudur. Spektrum kesikli değil, sürekli dir. Kesin çizgilerle birbirinden ayrılamazlar.

Elektromanyetik dalgaların spektrumunda radyo dalgalar, mikrodalgalar, kızıl ötesi ışık dalgaları, görünür ışık dalgaları, morötesi ışık dalgaları, X ışınları ve γ ışınları yer alır.

Radyo Dalgaları

İletken tellerden geçen ivmeli yükler tarafından oluşturulurlar. Dalga boyları 10^4m den 1.10^{-1}m ye değişen bu dalgalar, LC titreşkenleri gibi elektronik cihazlar vasıtasıyla meydana getirilirler ve radyo, televizyon, telsiz, mobil telefon, cep telefonları gibi iletişim sistemlerinde kullanılırlar.

Radyo dalgaları aşağıdaki gibidir.

Extreme Yüksek Frekans (EHF)

Kısa boylu radyo dalgalarıdır. Dümdüz yayılırken çok güçlüdürler. Yağmur ve sis gibi kötü hava koşullarında uzak mesafelere yayılmada zorluk çektiklerinden dolayı kısa aralık radyo haberleşmeleri için kullanılırlar. Ayrıca radyo astronomi, radar, uydu haberleşmesi, basit radyo, sabit telsizlerde de büyük oranda kullanılır.

Süper Yüksek Frekans (SHF)

Bunlar da dümdüz kolay yayıldıklarından belli bir yöne doğru iletimde çok uygundur. Çok büyük miktarda verinin taşınmasına uygun olduklarından canlı yayın programlarında uydu haberleşmesinde, uydu yayınlarında, radarlarda, radyo astronomide ve daha pek çok alanda kullanım alanı bulunur.

Ultra Yüksek Frekans (UHF)

Binalar ve dağlar gibi engellere rastlayana kadar dümdüz yayılmaları güçlüdür. Bu frekans bölgesi; 880 - 960 MHz arasında GSM900 ve 1710 - 1880 MHz arasında DCS1800 cep telefonu haberleşmesinde, 450 MHz de NMT araç telefonlarında, 2450 MHz de evlerimizde kullandığımız mikrodalga fırınlarında kullanılırlar. Bunun yanında TV yayınlarında, felaket durumlarında, tren haberleşmelerinde, radarlarda, amatör radyolarda da geniş bir kullanım alanı mevcuttur.

Çok Yüksek Frekans (VHF)

Bunlar da dümdüz ilerlerler. Fakat iyonosferden yansıtılmazlar. Kısa dağlardan, tepelerden ve binalardan engellenirler. Bunlar da büyük miktarda veri taşıyabilirler ve FM yayınlarında, TV yayınlarında, hava trafik kontrol haberleşmelerinde, çağrı cihazlarında, telsiz telefonlarda, amatör radyolarda, demiryolu ve itfaiye haberleşmelerinde de kullanılır.

Orta Frekans (MF)

Bu dalgalar yaklaşık 100 km yükselerek iyonosferin E tabakasından yansır. Bu frekans ile iletim için geniş antenler ve vericiler kullanıldığından pek pratik değildir. AM haberleşmesinde ve amatör telsizciler tarafından kullanılırlar.

Kısa Frekans (LF)

Dalga boyu 1 - 10 km olduğundan çok uzaklara iletim yapılabilir. 1930 lara kadar radyotelgraf için kullanıldı. Ancak şu an zaman sinyali gönderen yayınlarda ve radyo beacon'larında kullanılmaktadırlar.

Çok Kısa Frekans (VLF)

Dalga boyu 10 - 100 km arasındadır. Yeryüzünden küçük tepeleri de aşarak iletim yapabilir. Yayın alanları çok geniştir, fakat yüksek maliyetlidir.

Mikrodalgalar

Mikrodalgalar da iletken teller üzerinde ivmelendirilen yükler tarafından oluşturulurlar. Dalga boyları $3 \cdot 10^{-1}$ m ile 10^{-4} m arasında değişir. Kısa dalga boylarından dolayı, radar sistemleri ve maddenin atomik ve moleküler parametrelerinin incelenmesi için çok uygundur. Mikrodalga fırınlar, (içlerindeki ısımanın dalga boyu 0,122m dir) bu dalgaların evlerimizdeki ilginç uygulamasını temsil eder.

Kızılötesi Dalgalar

Sıcak cisimler ve moleküller tarafından oluşturulan bu dalgalar, çoğu maddelerce kolaylıkla soğurulurlar. Bir maddenin soğurduğu kızılötesi(IR) enerjisi, iç enerji olarak kendini gösterir. Çünkü madde tarafından soğurulan bu enerji vasıtası ile cismin atomları yerinden oynadığından, onların titreşim ve öteleme hareketleri artar, dolayısıyla madde de bir sıcaklık artması meydana gelir. Kızılötesi dalgalarının fizik tedavi, kızılötesi fotoğrafçılığı, gece görüş sistemleri, meteoroloji, iklim bilim, gökbilim, titreşim spektroskopisini içeren birçok pratik ve bilimsel uygulamaları vardır. 10^{-3} m den $7 \cdot 10^{-7}$ m ye kadar değişen dalga boylarına sahiptirler.

Görünür Dalgalar

Elektromanyetik dalgaların en bilinen şeklidir. İnsan gözünün görebildiği spektrum bölgesi olarak tanımlanabilir. Işık, atom ve moleküllerdeki elektronların yeniden düzenlenmeleri ile oluşur. Görünür ışığın çeşitli dalga boyları, mordan ($4 \cdot 10^{-7}$ m) kırmızıya kadar ($7 \cdot 10^{-7}$ m) değişen renklerle sınıflandırılır. Gözün duyarlılığı, dalga boyunun bir fonksiyonudur. Duyarlılık $5,5 \cdot 10^{-7}$ m civarındaki dalga boylarında maksimum olmaktadır.

Morötesi (Ultraviyole) Dalgalar

$4 \cdot 10^{-7}$ m ile $6 \cdot 10^{-10}$ m arasındaki dalga boylarını kapsar. Güneş, güneş yanıklarının başlıca sebebi olan morötesi (UV) ışınların en önemli kaynağıdır. Güneş koruyucu losyonlar, görünür ışığı geçirirler, fakat UV ışığının çoğunu yutarlar. Daha yüksek güneş koruma faktörüne (SPF) sahip olan koruyucular, UV ışığının daha yüksek yüzdesini yutarlar. Morötesi ışınlar, aynı zamanda gözün içindeki merceğin üzerinin bulutlanması demek olan katarakt rahatsızlığının sebebi olarak düşünülmelidir. Gözlerimiz için, UV ışınlarını tutmayan güneş gözlüklerinin kullanılması güneş gözlüğü kullanmamaktan daha kötüdür. Herhangi bir güneş gözlüğünün mercekleri görünür ışığı yutar. Bu nedenle gözlük

takan kişinin gözbebeklerinin genişlemesine neden olur. Eğer gözlükler UV ışınlarını tutmazsa, genişlemiş gözbebeklerinden dolayı daha sonra göz merceğine daha çok zarar verilebilir. Eğer hiç güneş gözlüğü kullanmazsanız, gözbebekleriniz daralır, şaşı bakarsınız ve çok daha az UV ışığı gözlerinize girer. Yüksek kalitede güneş gözlükleri, göze zarar veren UV ışığın hemen hemen tamamını tutar.

Güneş'ten gelen UV ışığın çoğu stratosfer olarak adlandırılan Dünya'nın üst atmosfer tabakasında bulunan ozon (O_3) molekülleri tarafından yutulur. Bu ozon perdesi, öldürücü yüksek enerjili UV radyasyonu, kızılötesi (IR) radyasyona dönüştürür ki o sırada stratosferi ısıtır. Son zamanlarda, aerosol spray kutulardan yayılan ve soğutucu olarak kullanılan kimyasalların bir sonucu olarak, koruyucu ozon tabakasının azalması gündeme gelmiş ve konu ile ilgili büyük tartışma yaşanmıştır.

Ayrıca morötesi ışınlar, elektrik arklarından ve gaz boşalmalarından da meydana gelir. Bu ışınlar canlılarda D vitamini oluşmasında katalizör görevi yaparlar. Normal camdan geçemeyen bu ışınlar kuartz camından rahatlıkla geçebilirler. Dalga boyları bakterileri öldürecek büyüklükte olduğundan dezenfekte de ve kokuşmanın önlenmesinde kullanılır.

X - Işınları

$10^{-8}m$ ile $10^{-12}m$ aralığında dalga boylarına sahip elektromanyetik dalgalarıdır. X – ışınları, yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelir. X – ışınları tıpta bir tanı aracı olarak ve belirli kanser türlerinin tedavisinde kullanılır. X – ışınları canlı dokulara ve organizmalara zarar verici veya öldürücü etki yaptığından, bu ışınlarla gereksiz yere maruz kalınmamalıdır.

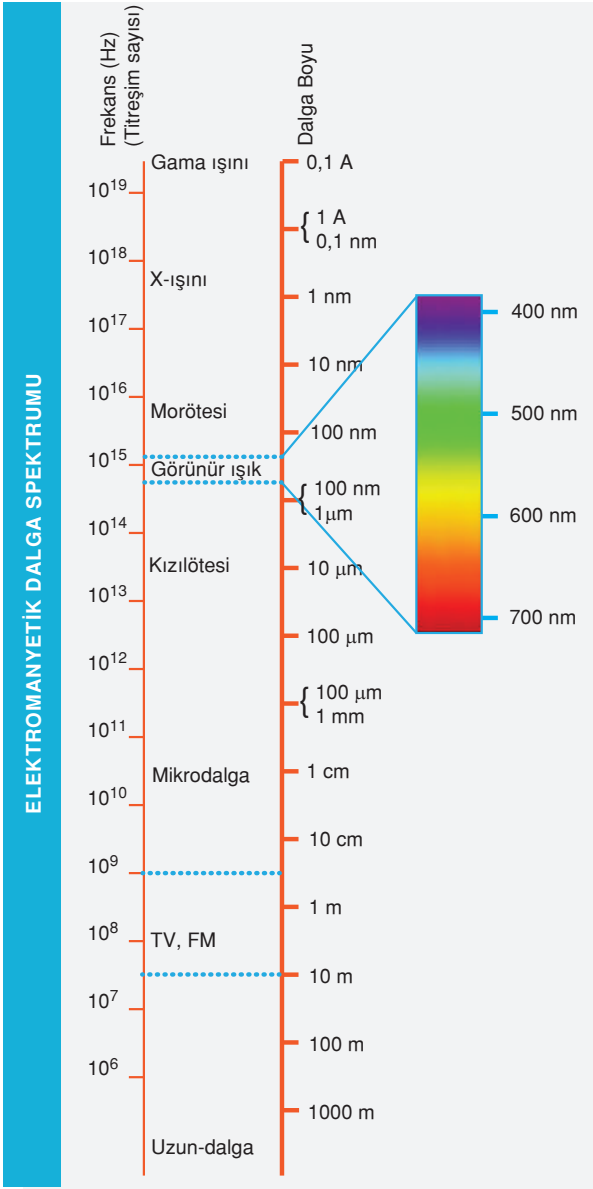
X – ışınları, kristal yapının incelenmesinde de kullanılır. Çünkü dalga boyları katı cisimlerdeki atomlar arası uzaklık mertebesinde dir.

Gama Işınları

Radyoaktif çekirdekler tarafından (^{60}Co ve ^{137}Cs gibi) ve belirli nükleer tepkimeler süresince yayılan elektromanyetik dalgalarıdır. Yüksek enerjili gama ışınları, uzaydan Dünya atmosferine giren kozmik ışınların bir bileşenidir. Dalga boyları, $10^{-10}m$ ile $10^{-14}m$ bölgesindedir. Bu ışınlar yüksek derecede giricilik özelliğine sahiptirler. Canlı dokular tarafından soğurulduklarında ciddi zararlar oluştururlar. Bu tür tehlikeli radyasyonun yakınında çalışanlar, kalın kurşun tabaka benzeri iyi soğurucu maddelerle korunmalıdırlar.

Elektromanyetik Dalgaların Özellikleri

1. Kaynakları, ivmeli hareket yapan yüklerdir.
2. Boşlukta ışık hızıyla yayılır.
3. Enine dalgalarıdır.
4. Elektrik ve manyetik alanlar hem birbirine hem de yayılma doğrultusuna diktir.
5. Elektrik ve manyetik alanlar aynı fazdadır.
6. $E = c.B$ olup c ışık hızıdır.
7. Doğrusal yolla yayılır.
8. Yansıma, kırılma, soğurulma, girişim ve kırınım olaylarını gerçekleştirirler.
9. Yayılmaları için maddesel bir ortama gerek yoktur.
10. Elektrik yükü taşımadıklarından elektrik ve manyetik alanda sapmazlar.
11. Enerji taşırlar. Bu nedenle elektromanyetik dalga soğuran cisimler ısınır.



Elektromanyetik dalga spektrumu

Örnek

- I. Gama ışınları
- II. Beta ışınları
- III. x – ışınları
- IV. Mikro dalgalar
- V. Radyo dalgaları

Yukarıda verilenlerden hangileri elektromanyetik dalga değildir?

- A) I B) II C) III D) IV E) V

Çözüm

Gama ışınları, x – ışınları, mikro dalgalar ve radyo dalgaları elektromanyetik dalgadır. Ancak β ışınları elektromanyetik dalga değildir.

YANIT B

Örnek

Bir füze, en az $1,5 \cdot 10^7$ Hz frekanslı elektromanyetik dalga kullandığında radarda farkedilebiliyor. Buna göre füzenin uzunluğu kaç metredir? (Işık hızı $3 \cdot 10^8$ m/s dir.)

- A) 10 B) 12 C) 15 D) 20 E) 30

Çözüm

Füzenin radarda fark edilebilmesi için kullanılacak elektromanyetik dalganın dalga boyu, en çok füzenin uzunluğu kadar olmalıdır.

Kullanılan ışığın dalga boyu λ , frekansı f , ışık hızı c olmak üzere;

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Bu bağıntıya göre frekans minimum olduğunda, dalga boyu maksimumdur.

Soruda verilen sayısal değerler dalga boyu bağıntısında yerine yazılırsa;

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5 \cdot 10^7} = 20\text{m bulunur.}$$

O halde füzenin uzunluğu 20m dir.

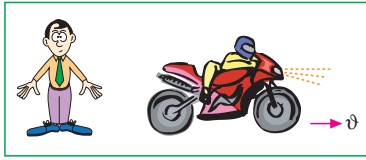
YANIT D

ELEKTROMANYETİK DALGALARDA DOPPLER OLAYI

Seste Doppler olayı incelenirken gözlemcinin algıladığı sesin frekansının gözlemcinin ve kaynağın hareket yönlerine ve hızlarının büyüklüğüne bağlı olduğu belirtilmiştir. Gözlemci ve ses kaynağı birbirine yaklaşırken gözlemcinin algıladığı sesin frekansının her ikisinin de durgun olduğu durumdaki frekanstan büyük olduğu; gözlemci ile ses kaynağı birbirinden uzaklaşırken de gözlemcinin algıladığı sesin frekansının her ikisinin de durgun olduğu frekanstan daha küçük olduğu vurgulanmıştır.

Doppler olayı elektromanyetik dalgalara da uygulanabilir. Ancak ses dalgaları ve elektromanyetik dalgalara Doppler uygulanırken iki temel fark gözden kaçırılmamalıdır.

Bu iki temel farktan birincisi ses dalgalarının yayılması için maddesel ortama gereksinme olması, elektromanyetik dalgaların boşlukta da yayılabilesidir.



Şekil 1

Ses dalgaları ile elektromanyetik dalgalara Doppler olayı uygulanırken ikinci temel fark ise ses dalgalarının hızı, değişik gözlemciler tarafından farklı algılanırken ışık hızıyla hareket eden elektromanyetik dalgaların hızı gözlemcinin hareketine bağlı değildir. Gözlemcinin hızı ve hareket yönü ne olursa olsun elektromanyetik dalgaların ışık hızıyla hareket ettiğini gözlemlerler. Örneğin 9 hızıyla Şekil 1'deki gibi hareket eden motosikletin farından çıkan ışığın motosikletliye göre hızı da, yerde duran gözlemciye göre hızı da aynı olup ışık hızıdır. Bu nedenle elektromanyetik dalgalara Doppler olayının etkisi, kaynak ile gözlemcinin birbirine göre bağlı hızına bağlıdır.

Bu durumda elektromanyetik dalgaların gözlenen frekansı; $f_g = f_k \left(1 \pm \frac{v_b}{c}\right)$ $v_b \ll c$ bağıntısıyla bulunur.

Bu bağıntıda;

f_g : Gözlenen frekans

f_k : Kaynağın frekansı

v_b : Kaynağın ve gözlemcinin birbirine göre bağlı hızı

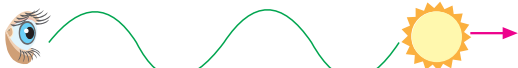
c : Işığın boşluktaki hızıdır.

UYARI

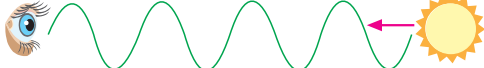
Gözlemci kaynağa yaklaşıyorsa formüldeki işaret (+), uzaklaşıyorsa (-) alınır.



Şekil 2



Şekil 3



Şekil 4

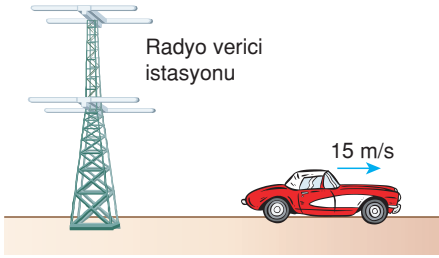
Gözlemci ile ışık kaynağı Şekil 2'deki gibi duruyorken kaynaktan gelen ışık dalgaları Şekil 2'deki gibi modellenmiş olsun. Işık kaynağı Şekil 3'teki gibi gözlemciden uzaklaşıyorken gözlemcinin gözlediği dalga boyu büyük frekansı küçük olur. Işık kaynağı Şekil 4'teki gibi gözlemciye yaklaşıyorken gözlemcinin gözlediği dalga boyu küçük, frekansı büyük olur.

Işık kaynağından gelen ışığın tayfı, kaynak gözlemciden uzaklaşıyorken kırmızıya, kaynak gözlemciye yaklaşıyorken maviye kayar.

Doppler etkisine göre bize yaklaşmakta olan gök cisimlerinden gelen ışığın tayfı maviye, bizden uzaklaşmakta olan gök cisimlerinden gelen ışığın tayfı kırmızıya kaymaktadır. Gökadalardan gelen ışığın tayfı kırmızıya kaymaktadır. Bu da gökadalardan bizden uzaklaştığını yani evrenin genişlediğini ifade etmektedir.

Radar, radyo dalgalarından yararlanarak herhangi bir cismin uzaklığını ve hızını saptamada kullanılır. Radarın yaydığı radyo dalgaları, uzaklığı saptanmak istenen cisimden yansırarak geri gelir. Radyo dalgalarının hızı sabit olduğundan, dalganın gidiş - geliş süresi ölçülerek, cismin uzaklığı saptanabilir. Yine Doppler olayından yararlanarak, yansdıktan sonra geri gelen dalgaların frekansındaki değişim ölçülerek cismin hızı hesaplanabilir. Trafikte araçların hızlarını ölçmek üzere kullanılan radarlarda genellikle bu şekilde çalışır. Küresel navigasyon uydu sistemlerinin çalışma prensibi de aynıdır. Bu sistemler kullanılarak küçük elektronik alıcılara santimetre düzeyinde konum belirlenmektedir (Enlem, boylam, yükseklik). Bu sistemler genellikle; araba, tır, gemi ve uçakların konumlarının belirlenmesi ve navigasyonunda, konum tabanlı sistemlerde (911 veya ülkemizde 112 gibi) ölçme, arama ve kurtarma çalışmalarında, jeofizik bilimlerde, doğal hayattaki canlıları izlemede kullanılmaktadır.

Örnek



Bir araba, 6.10^7 Hz frekansında elektromanyetik dalga yayan radyo istasyonundan, 15 m/s hızla uzaklaşmaktadır.

Arabanın sürücüsüne göre radyo dalgalarının frekansındaki değişim miktarı kaç Hertz'dir?

(Işık hızı 3.10^8 m/s dir.)

- A) 3 B) 4 C) 5 D) 8 E) 9

Çözüm

Kaynağın frekansı $f_k = 6.10^7$ Hz, gözlemcinin kaynağa göre bağıl hızı $v_b = 15$ m/s, ışık hızı $c = 3.10^8$ m/s olup gözlemcinin algıladığı frekans f_g dir.

Gözlemci kaynaktan uzaklaştığından

$$f_g = f_k \left(1 - \frac{v_b}{c} \right) \text{ dir.}$$

Frekanstaki değişim miktarı;

$$\Delta f = f_k - f_g = f_k \cdot \frac{v_b}{c} \text{ ① olur.}$$

Soruda verilen sayısal değerler ① bağıntısında yerine yazılırsa;

$$\Delta f = 6.10^7 \cdot \frac{15}{3.10^8} = 3 \text{ Hz bulunur.}$$

YANIT A

Etkinlik 2

Aşağıdaki yargılardan doğru olanın yanına D, yanlış olanın yanına Y yazınız.

- 1) Elektromanyetik dalgalar boyuna dalga türüdür.
- 2) Elektromanyetik dalgalar boşluktan geçebilir.
- 3) Ses bir elektromanyetik dalga türüdür.
- 4) Radyo dalgalarının dalga boyu görünür ışığın dalga boyundan büyüktür.
- 5) Gama ışınlarının dalga boyu, X – ışınlarının dalga boyundan küçüktür.
- 6) Elektromanyetik dalgalar enerji taşır.
- 7) Elektromanyetik dalgalar elektrik yüklerinin ivmeli hareketi sonucu oluşur.
- 8) Mor ötesi ışınlar boşlukta ışık hızı ile yayılır.
- 9) X – ışınlarının Röntgen çekiminde kullanılır.
- 10) Dünya'dan uzaklaşan bir yıldızın ışığını maviye kaymış olarak gözlenir.

Etkinlik 3

Aşağıdaki I. sütündeki bilgileri II. sütündeki bilgilerle doğru olarak eleştiriniz.

I.	II.
Bir elektromanyetik dalgada, hız ve elektrik alanına diktir.	Manyetik Alan
Enine dalga türüdür ve boşluktan geçebilir.	X – Işınları
Hızlandırılmış elektronların bir hedef atomuna çarpması ile oluşur.	Elektromanyetik Dalgalar

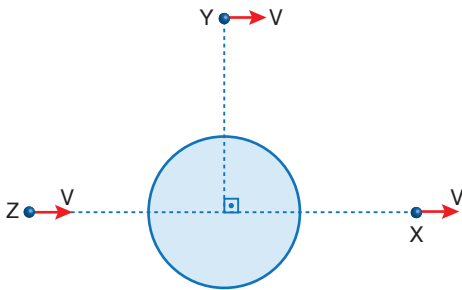
1. I. Boşluktan geçebilme
II. Boyuna dalga olma
III. Elektrik yüklerinin ivmeli hareketi sonucu oluşma
Yukarıdaki özelliklerden hangileri elektromanyetik dalgalara aittir?

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

2. Aşağıdakilerden hangisi elektromanyetik dalga türü değildir?

- A) Gama ışını B) α ışını
C) X - ışını D) Morötesi ışın
E) Radyo dalgası

3.



X, Y ve Z yıldızları Şekildeki yönlerde hareket ediyor.

Bu yıldızlardan hangilerinin ışığı, Dünya'daki bir gözlemci tarafından kırmızıya kaymış olarak gözlenir?

- A) Yalnız X B) Yalnız Y C) Yalnız Z
D) X ve Z E) X, Y ve Z

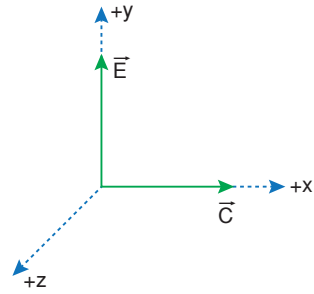
4. Frekansı $6 \cdot 10^8$ hertz olan bir elektromanyetik dalga boşlukta yayılıyor.

Bu dalganın boşluktaki dalga boyu kaç metredir?

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

- A) 0,2 B) 0,3 C) 0,5 D) 20 E) 30

5.



Bir elektromanyetik dalganın ilerleme yönü \vec{C} , elektrik kalan bileşeni \vec{E} Şekildeki gibidir.

Buna göre, bu dalganın manyetik alan bileşeni hangi yödedir?

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

6.

	DALGA	FREKANS
I.	X - ışını	f_1
II.	Kısa Radyo dalgası	f_2
III.	Gama ışını	f_3

Çizelgede bazı elektromanyetik dalga türleri ile bunların frekansları f_1 , f_2 ve f_3 olarak verilmiştir.

Bu dalgaların frekansları arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

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

7. I. β ışını
II. Morötesi ışın
III. Mikro dalga
Yukarıdakilerden hangileri elektromanyetik dalga türüdür?

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

8. I. Sıcak cisimlerden yayılma
II. Enine dalga olma
III. Boşluktan geçebilme
Yukarıdaki özelliklerden hangileri kızılötesi ve morötesi ışınların ortak özelliklerindedir?

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

9. Bir elektromanyetik dalganın elektrik alan bileşeni E, manyetik alan bileşeni B büyüklüktedir.

Buna göre;

- I. \vec{E} ve \vec{B} vektörleri birbirine diktir.
II. $\frac{E}{B}$ ışık hızına eşittir.
III. \vec{B} ile dalganın yayılma hızı birbirine paraleldir.
Yargılarından hangileri doğrudur?

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

10. Bir yıldız Dünya'dan v hızı ile uzaklaşırken λ dalga boyu ışık yayılıyor.

İşığın boşluktaki hızı c olduğuna göre,

Dünya'daki bir gözlemci yıldızın ışığının dalga boyunu hangi değerde gözler?

A) $\frac{\lambda \cdot c}{c}$ B) $\frac{\lambda \cdot c}{v}$ C) $\lambda \cdot c \cdot v$
D) $\lambda \left(1 - \frac{v}{c}\right)$ E) $\lambda \left(1 + \frac{v}{c}\right)$

11. Görünür ışık, uzun radyo dalgası ve X – ışınlarının boşluktaki hızları sırasıyla v_1, v_2, v_3 'tür.

Bu hızlar arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisidir?

A) $v_1 = v_2 = v_3$ B) $v_1 < v_2 < v_3$
C) $v_3 < v_2 < v_1$ D) $v_2 < v_1 < v_3$
E) $v_1 < v_3 < v_2$

12. Elektromanyetik dalgalarının;

- I. Girişim yapabilme
II. Enerji taşıma
III. Enine dalga olma
Özelliklerinden hangileri ses dalgasında da vardır?

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

1. Elektromanyetik dalgalar boşluktan geçebilir. Enine dalgadır. Elektrik yüklerinin ivmeli hareketi ile oluşur. I. ve III. özellikler elektromanyetik dalgaların özelliklerindedir.

YANIT E

2. α ışını, helyum çekirdeği olup elektromanyetik dalga değildir.

YANIT B

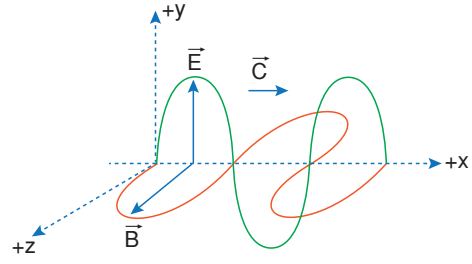
3. Dünya'dan uzaklaşan bir yıldızın ışığı kırmızıya kayar. X'in ışığı kırmızıya, Z'nin ışığı maviye kayar. Y'nin Şekildeki konumda ışığında bir farklılık olmaz.

YANIT A

4. $\lambda = \frac{c}{\lambda}$ olduğundan $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{6 \cdot 10^8} = 0,5$ m bulunur.

YANIT C

5.



Manyetik alan vektörü +z yönündedir.

YANIT D

6. Gama ışınlarının frekansı en büyük, radyo dalgalarının frekansları en küçüktür.

$$f_2 < f_1 < f_3$$

YANIT B

7. β ışını elektron olup elektromanyetik dalga değildir. Morötesi ışın ve mikrodalgalar elektromanyetik dalgalarıdır.

YANIT E

8. Kızılötesi ışınlar sıcak cisimlerden yayılır. Mor ötesi ışınlar ise elektrik deşarjı sırasında oluşur. Bu özellikleri ile farklıdır. Her ikisi de enine dalga olup boşluktan geçebilir.

YANIT E

9. Elektromanyetik dalgalar birbirine ve ilerleme doğrultusuna dik bir E elektrik ve bir B manyetik alan bileşeninden oluşmuştur.

$E = c \cdot \beta$ 'dir. I. ve II. yargılar doğrudur. III. yargı yanlıştır.

YANIT C

10. Bir yıldız v hızı ile Dünya'dan uzaklaşırken dalga boyundaki gözlenen artma miktarı:

$$\Delta\lambda = \lambda \cdot \frac{v}{c} \text{ gözlenen dalga boyu:}$$

$$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda = \lambda \left(1 + \frac{v}{c} \right) \text{ olur.}$$

YANIT E

11. Bütün elektromanyetik dalgalar boşlukta aynı, $3 \cdot 10^8$ m/s hızla yayılır.

$$v_1 = v_2 = v_3$$

YANIT A

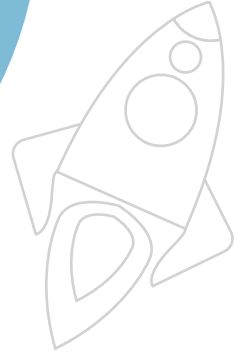
12. Ses, dalga olduğundan enerji taşır, girişim yapabilir ve boyuna dalgadır. I. ve II. özellikler ses dalgasında da vardır.

YANIT D

$$E=mc^2$$

FİZİK

YKS - AYT

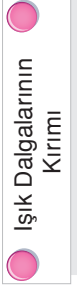


IŞIĞIN GİRİŞİM VE KIRINIMI

- Işık Dalgalarının Girişimi
- Işık Dalgalarının Kırınımı

AKILLI HARİTAM

İŞIĞIN GİRİŞİM VE KIRINIMI



IŞIK DALGALARININ GİRİŞİMİ VE KIRINIMI

IŞIK DALGALARININ GİRİŞİMİ VE KIRINIMI

Işığın yapısı ile ilgili olarak üç teori vardır. Bunlar tanecik teorisi, dalga teorisi ve elektromanyetik teoridir.

1. Tanecik teorisi

Newton tarafından tanımlanmış bu teoriye göre, "ışık veren cisimler, ağırlığı olmayan ve kütleleri sezelemeyen özel tanecikleri, etraflarındaki her bir doğrultuya, çok büyük hızla fırlatırlar. Doğrusal olarak yayınlanan bu tanecikler, vardıkları noktalarda ışık olaylarını oluştururlar".

Bu görüşe göre, ışığın bir aynadan yansması, esnek bir topun çarptığı sert yüzeyden yansması gibi olur. Bu teoriye göre farklı renkler, ışık taneciklerinin farklı boyutlu oluşundandır.

Tanecik teorisi, aydınlanma, yansıma kırılma gibi ışık olaylarını açıklayabilmesine karşın bu bölümde incelenecek olan girişim ve kırınım olaylarını açıklayamamaktadır.

2. Dalga teorisi

Bu teori ile ilgili bilimsel düşünceler Huygens'le başlar. Huygens'in biri ışığın meydana gelişi, diğeri ışığın yayılışı için iki temel hipotezi vardır.

I. Işık veren cisimlerin molekülleri, frekansları çok büyük olan titreşim hareketi yaparlar.

II. Bir ışık kaynağının etrafına yaydığı ışık dalgaları, yayıldıkları ortam içinde vardıkları her bir noktayı, periyodu ışık kaynağının periyodu ile aynı olan ancak kaynağa uzaklıklarına göre faz farkı gösteren, birer titreşim kaynağı haline getirirler.

II. hipoteze "Huygens prensibi" denir.

Dalga teorisi, ışığın yansıma, kırılma, girişim ve kırınım gibi bir çok ışık olaylarını açıklarken foto-elektrik ve Compton olaylarını açıklayamamıştır.

3. Elektromanyetik teori

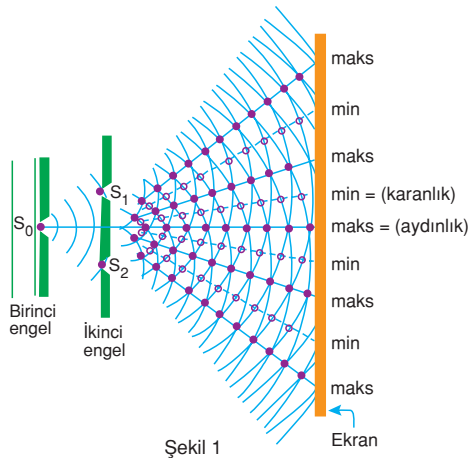
Louis de Broglie, ışığın dalga ve tanecik teorilerini birleştirerek, ışığın dalga halinde yayılan taneciklerden olduğunu öne sürdü.

Işığın küçük frekanslarda dalga özelliği, büyük frekanslarda da tanecik özelliği ağır basmaktadır.

IŞIĞIN DALGA MODELİ

Su dalgalarının girişiminde iki tepenin üst üste binmesiyle çift tepe, iki çukurun üst üste binmesiyle çift çukurun (yapıcı girişim), bir tepe ile bir çukurun üst üste binmesiyle düğüm (bozucu girişim) oluştuğunu ve bunların sonucunda dalga leğeninde dalga katarları ile düğüm çizgilerinin meydana geldiğini daha önce öğrendik.

Işık dalgaları da, su dalgaları gibi girişim oluşturur. Su dalgalarında dalga katarları, ışıkta girişimde aydınlık çizgilere, düğüm çizgileri de karanlık saçaklara karşılık gelmektedir.



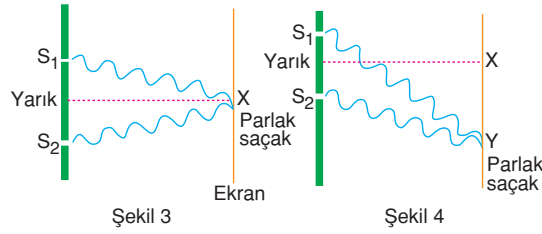
Işık dalgalarının girişimi Şekil 1'deki gibi olup perde üzerinde oluşan aydınlık ve karanlık çizgiler Şekil 2'deki gibidir. Bu çizgilere **girişim saçakları** denir.

ÇİFT YARIKTA GİRİŞİM (YOUNG DENEYİ)

Işık dalgalarında kararlı bir girişim gözleyebilmek için;

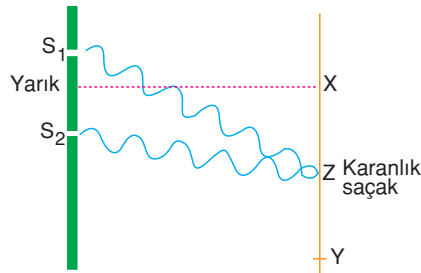
- ★ Işık kaynaklarının aynı fazda olması
- ★ Kaynaklardan çıkan ışık dalgalarının tek renkli yani aynı dalga boyu olması gerekir.

Bu koşulların sağlanabilmesi için tek renk ışık veren ışık kaynağı ile çift yarıkli bir engel kullanılır. Kaynak iki yarıkta eşit uzaklığa konularak kaynaktan çıkan dalganın yarıklara aynı anda gelmesi sağlanır. Bu durumda yarıklar aynı fazda çalışan iki noktasal kaynak haline gelir.



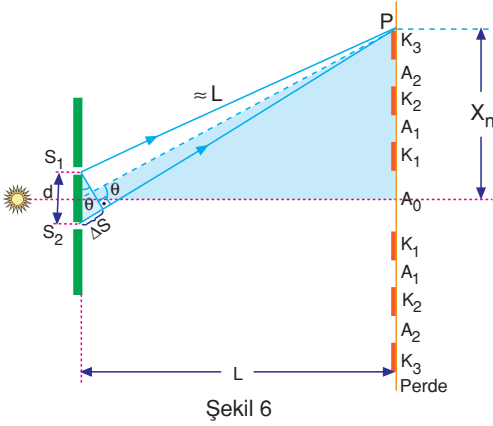
S_1 ve S_2 kaynaklarından çıkan aynı fazlı ışık dalgaları Şekil 3'te şematik olarak gösterilmiş olup bu dalgalar kaynakların orta dikmesi üzerinde bulunan X noktasına varıncaya kadar aynı yolu alırlar. Bunun sonucu olarak bu bölgede yapıcı girişim oluşur ve parlak bir alan gözlenir. Bu aydınlık bölgeye merkezi aydınlık saçak denir.

S_1 ve S_2 kaynaklarından çıkan aynı fazlı ışık dalgaları Y noktasına ulaşana kadar, S_1 den gelen dalgalar S_2 den gelen dalgalardan dalga boyu (λ) kadar fazla yol alıyor olsun. Bu durumda Şekil 4'te gösterildiği gibi dalgalar, Y noktasına aynı fazda ulaşır, yapıcı girişim oluşur. Böylece bu bölgede ikinci bir parlak alan oluşur.



Şekil 5

IŞIK DALGALARININ GİRİŞİMİ VE KIRINIMI



Şekil 6

S_1 kaynağından gelen ışık dalgaları Z noktasına varana kadar S_2 kaynağından gelen ışık dalgalarından yarım dalga boyu ($\lambda/2$) kadar fazla yol alıyor olsun. Bu durumda Şekil 5'te şematik olarak gösterildiği gibi bir dalga tepesi ile bir dalga çukuru üst üste biner. Bozucu girişim oluşur ve karanlık bölge oluşur.

Perde üzerindeki bir noktanın aydınlık ve karanlık saçak üzerinde olması bu noktanın S_1 ve S_2 kaynaklarına uzaklıklarının farkına bağlıdır.

Şekil 6'daki çift yarıktan girişim düzeneğinde yarıklar arasındaki uzaklık d , yarıklar düzlemi ile perde arasındaki uzaklık L , perde üzerindeki P noktasının yarıklara uzaklıkları farkı $\Delta S = PS_2 - PS_1$, P noktasının merkezî aydınlık saçak A_0 'a uzaklığı X_n dir.

Taralı küçük dik üçgende θ açısının sinüsü yazılırsa;

$$\sin\theta = \frac{\Delta S}{d}$$

$$\Delta S = d \cdot \sin\theta \text{ bulunur.}$$

θ açısının sinüsü taralı küçük dik üçgende ve taralı büyük dik üçgende yazılırsa;

$$\sin\theta = \frac{\Delta S}{d} = \frac{X_n}{L}$$

bağıntısı bulunur.

P noktasının aydınlık saçak üzerinde olması için kaynaklara uzaklıkları farkının (yol farkının), dalga boyunun tam katlarına eşit olması gerekir.

Buna göre;

$$\Delta S = \lambda, 2\lambda, 3\lambda \dots \text{ dan } \Delta S = n\lambda \text{ olur.}$$

Bu bağıntıdaki $n = 1, 2, 3, \dots$ gibi tam sayı olup P noktasının merkezî aydınlık saçak A_0 dan itibaren kaçınıcı aydınlık saçak üzerinde olduğunu gösterir.

P noktasının karanlık saçak üzerinde olması için yol farkının dalga boyunun yarısının tek katlarına eşit olması gerekir.

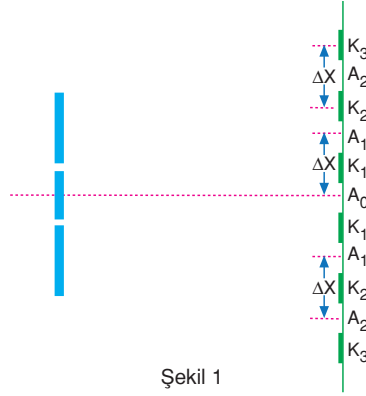
Buna göre;

$$\Delta S = \frac{\lambda}{2}, 3 \frac{\lambda}{2}, 5 \frac{\lambda}{2}, \dots \text{ den}$$

$$\Delta S = (n - \frac{1}{2})\lambda \text{ olur.}$$

Buradaki $n = 1, 2, 3, \dots$ gibi tam sayı olup P noktasının merkezî aydınlık saçak A_0 dan itibaren kaçınıcı karanlık saçak olduğunu gösterir.

Saçak aralığı



Şekil 1

Şekil 1'de gösterildiği gibi ardışık iki aydınlık aydınlık çizginin ya da ardışık iki karanlık saçakın orta noktaları arasındaki uzaklığa **“saçak aralığı”** denir. ΔX ile gösterilir.

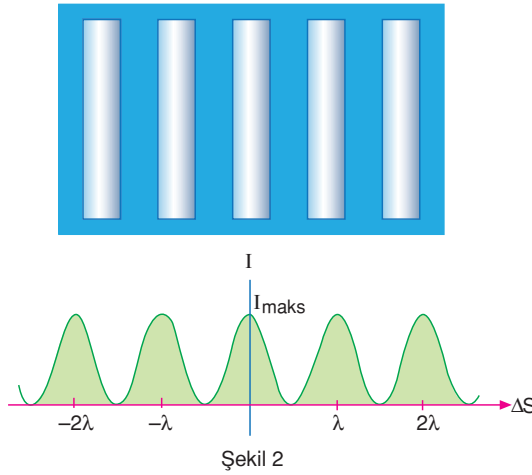
1. aydınlık saçakının (A_1 in) orta noktasının merkezi aydınlık saçak (A_0 in) orta noktasına uzaklığı ΔX kadardır.

$X_n = \Delta X$, $\Delta S = \lambda$ olduğundan

$$\frac{X_n}{L} = \frac{\Delta S}{d} \text{ bağıntısından}$$

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

$$\Delta X = \frac{\lambda L}{d} \text{ bulunur.}$$



Şekil 2

Çift yarıkla yapılan girişim deneyinde girişim saçaklarında aydınlık saçakların parlaklık şiddetinin yol farkına göre değişim grafiği Şekil 2'deki gibidir.

UYARI

★ Görünür ışığın dalga boyları çok küçük olduğundan genellikle mikron (μ) ve anstrom (\AA) birimleri ile ifade edilir.

$$1\mu = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$$

$$1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-8} \text{ cm} = 10^{-7} \text{ mm dir.}$$

IŞIK DALGALARININ GİRİŞİMİ VE KIRINIMI

★

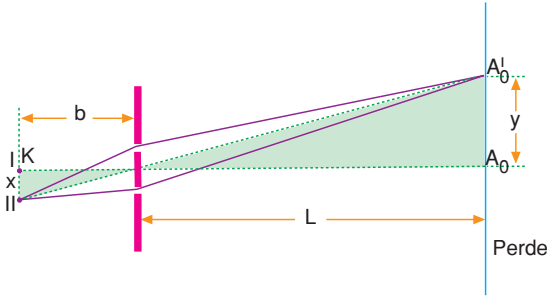
RENKLER	DALGA BOYU (Å)
Kırmızı	7500 - 6100
Turuncu	6100 - 5900
Sarı	5900 - 5700
Yeşil	5700 - 5000
Mavi	5000 - 4500
Mor	4500 - 4000

Görünür ışığın renklerinin dalga boyları tablodaki gibidir.

Çift yarıқта girişimin özellikleri★ **Yarıklar düzlemi ile perde arasındaki ortamın kırıcılık indisi değiştirilirse;**

Young deneyi düzeneğinde yarıklar düzlemi ile perde arasındaki ortamın kırma indisi n_1 , ışığın bu ortamdaki dalga boyu λ_1 , perde üzerinde oluşan saçakların genişliği Δx_1 olsun. Yarıklar düzlemi ile perde arasındaki ortamın kırma indisi n_2 yapılırsa ışığın bu ortamdaki dalga boyu λ_2 , perde üzerinde oluşan saçakların genişliği Δx_2 olur. Bu

nicelikler arasında $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}$ eşitlikleri yazılabilir.

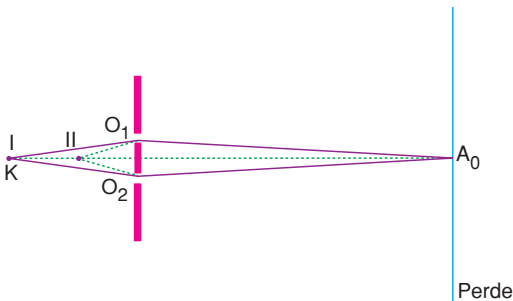
★ **Işık kaynağı yarıklar düzlemine paralel olarak kaydırılırsa;**

Şekildeki young deneyi düzeneğindeki K ışık kaynağı, yarıklar düzlemine paralel olarak hareket ettirilip I konumundan II konumuna getirildiğinde kaynaklar arasında faz farkı oluşur. Merkezi aydınlık saçak ve diğer girişim çizgileri y kadar kayar.

Kaynağın yerdeğiştirme miktarı x, kaynak I konumundayken yarıklar düzlemine uzaklığı b, yarıklar düzlemi ile perde arasındaki uzaklık L ise taralı üçgenlerin benzerliğinden merkezi aydınlık saçak kayma miktarı;

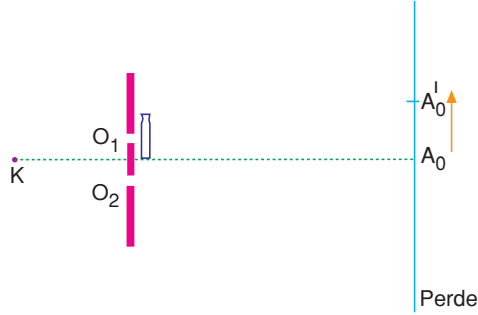
$$\frac{x}{y} = \frac{b}{L} \text{ den}$$

$$y = \frac{x \cdot L}{b} \text{ bulunur.}$$

★ **Işık kaynağı yarıklar düzlemine dik olarak kaydırılırsa;**

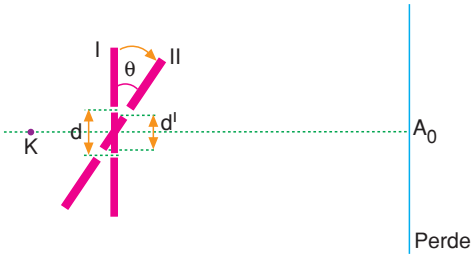
K ışık kaynağı yarıklar düzlemine dik doğrultuda hareket ettirilerek I konumundan II konumuna getirilirse O_1 ve O_2 kaynakları arasında faz farkı oluşmaz. Bu nedenle girişim saçaklarının yeri değişmez. Kaynak yarıklar düzlemine yaklaştığından yarıklara düşen ışık akısı artar, dolayısıyla aydınlık saçakların parlaklığı artar.

★ Yarıklardan birinin önüne ince bir cam levha konursa;



O_1 , yarığının önüne şekildeki gibi ince bir cam levha konulduğunda ışığın camdaki hızı, havadaki hızından küçük olur. O_1 kaynağı, O_2 kaynağına göre geciktirdiğinden merkezi aydınlık saçak ve girişim deseni geciken kaynağa doğru kayar.

★ Yarıklar düzlemi döndürülürse;



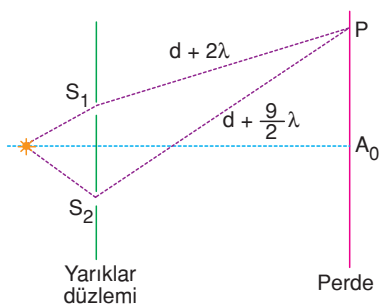
Yarıklar düzlemi şekildeki gibi θ kadar döndürülürse yarıklar arasındaki d uzaklığı küçülerek $d' = d \cdot \cos\theta$ olur.

Saçak genişliği $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$ dir. Bu bağıntıya göre d küçüldüğünden saçak genişliği artar.

★ Deneyde kullanılan ışığın frekansı değişirse;

Işığın dalga boyu değişeceğinden saçak genişliği $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$ bağıntısına göre değişir. Merkezi saçığın yeri değişmezken diğer saçakların yerleri değişir.

Örnek



Şekilde şeması verilen Young deneyinde λ dalga boyulu ışık kullanılmakta olup perde üzerindeki bir P noktasının S_1 ve S_2 yarıklarına uzaklıkları sırasıyla $d + 2\lambda$ ve $d + \frac{9}{2}\lambda$ dır.

Buna göre, P noktası hangi saçak üzerindedir?

- A) 1. karanlık
B) 1. aydınlık
C) 2. karanlık
D) 2. aydınlık
E) 3. karanlık

IŞIK DALGALARININ GİRİŞİMİ VE KIRINIMI

Çözüm

P noktasının kaynaklara uzaklığı farkı ΔS ,
 $\Delta S = n\lambda$ ise P noktası aydınlık,

$\Delta S = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ ise, P noktası karanlık saçak
 üzerindedir.

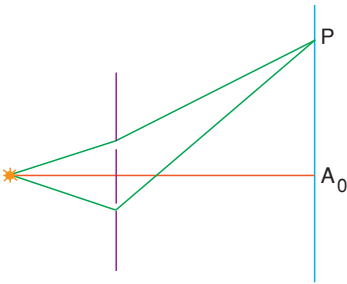
$$\Delta S = \left(d + \frac{9}{2}\lambda\right) - (d + 2\lambda) = \frac{5}{2}\lambda = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda \text{ dan}$$

$n = 3$ bulunur.

O halde, P noktası 3. karanlık saçak üzerindedir.

YANIT E

Örnek



Şekildeki Young deneyi düzeneğinde λ_1 dalga boyulu ışık kullanıldığında ekran üzerindeki P noktasında 5. aydınlık saçak oluşuyor.

Deney λ_2 dalga boyulu ışıkla tekrarlandığında P noktasında 6. karanlık saçak oluştuğuna göre $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ oranı kaçtır?

A) 1,1

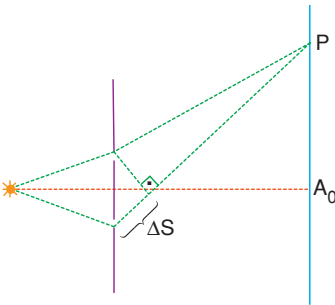
B) 1,2

C) 1,5

D) 1,6

E) 1,9

Çözüm



λ_1 ve λ_2 dalga boyulu ışıklar kullanıldığında P noktasında 5. aydınlık ve 6. karanlık saçaklar oluşmakta olup yol farkı her iki durumda birbirine eşittir.

Young deneyinde seçilen noktanın n. aydınlık saçak üzerinde olma koşulu

$$\Delta S = n\lambda$$

n. karanlık saçak üzerinde olma koşulu

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

O halde

$$\Delta S_1 = \Delta S_2 \text{ den}$$

$$n_1\lambda_1 = \left(n_2 - \frac{1}{2}\right)\lambda_2 \text{ olup}$$

$$5.\lambda_1 = \left(6 - \frac{1}{2}\right)\lambda_2$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 1,1 \text{ bulunur.}$$

YANIT A