



**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FİZİK BÖLÜMÜ**

FİZ-253

DALGALAR VE OPTİK LABORATUARI

DENEY KİTAPÇIĞI

Ankara-2011

İÇİNDEKİLER

DENEY 1. FOURİER ANALİZ DENEYİ-I	1
DENEY 2. FOURİER ANALİZ DENEYİ-II.....	12
DENEY 3. DALGA LEĞENİ.....	18
DENEY 4. IŞIĞIN KIRILMASI, YANSIMASI VE KUTUPLANMASI.....	22
DENEY 5. TEMEL OPTİK DENEYLERİ.....	30
DENEY 6. IŞIĞIN KIRINIMI VE GİRİŞİMİ	33
DENEY 7. ULTRASONİK DALGALAR	42
DENEY 8. MİKRODALGALARIN GÖZLENMESİ, GİRİŞİMİ, KIRINIMI	48
DENEY 9. MİKRODALGA KULLANARAK PRİZMALARDA YANSIMA KIRILMA VE KRİSTALDEN BRAGG SAÇILMASI	54

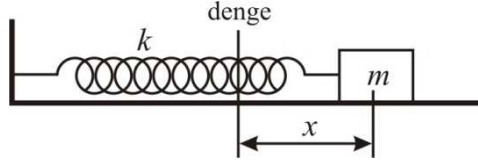
DENEY 1

FOURIER ANALİZ DENEYİ-I

Amaç: “Sinüs” ve “kosinüs” sinyallerinin tanınması, bu sinyallerin aynı fazlarda ve farklı fazlarda nasıl toplanacağını gösterilmesi. Vuru olayı, Fourier analizi ve Lissajous eğrilerinin incelenmesi. Faz, faz farkı, genlik, periyot gibi dalga hareketi ile ilgili olan kavramların öğrenilmesi. Basit harmonik hareket

Sinüzoidal Titreşimler

Sinüzoidal titreşimler fiziksel olarak denge konumundan yer değiştirme ile orantılı bozucu kuvvetlerin varlığında ortaya çıkarlar.



Cisim denge konumundan x kadar yer değiştirdiğinde oluşan kuvvet,

$$F(x) = -(kx + k_1x^2 + k_2x^3 + \dots)$$

şeklinde yazılabilir. Burada k , k_1 , k_2 sabitlerdir. Yer değiştirme yeteri kadar küçükse ilk terimden sonraki terimler ihmal edilebilir. Yayın kütlelessiz olduğu kabul edilirse, m kütleli cisim için Newton’un II. Yasası’ndan

$$F = ma = m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad (1)$$

yazılır. Bu denklemin çözümü

$$x(t) = A \sin(\omega t + \delta), \quad \omega = \sqrt{k/m} \quad (2)$$

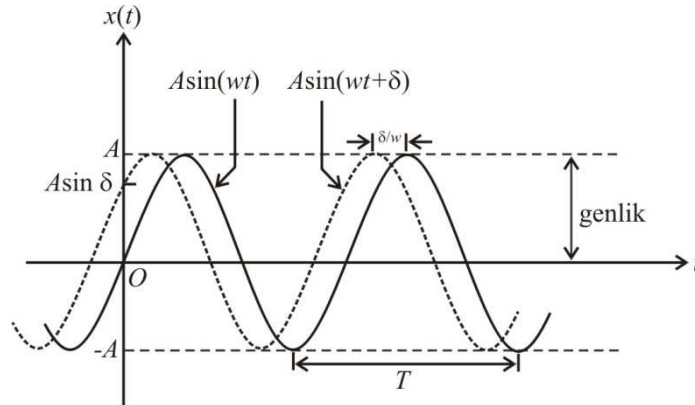
formundadır. Burada yapılan tartışma sadece küçük genlikli titreşimler için uygundur, gerçek hareket için sadece bir yaklaşımdır.

Basit Harmonik Hareket (B.H.H)

Basit harmonik hareket genel anlamda periyodik hareketin veya salınım hareketinin temel bilgisini oluşturur. Örnek olarak bir yayın ucuna takılmış küçük genliklerle hareket eden bir kütlelin veya küçük açılarla salınan bir sarkacın hareketi verilebilir. Basit harmonik hareket yapan bir cismin konumu,

$$x(t) = A \sin(\omega t + \delta) \quad (3)$$

ile verilir (tanımlamalar için Şekil 1’e bakınız).



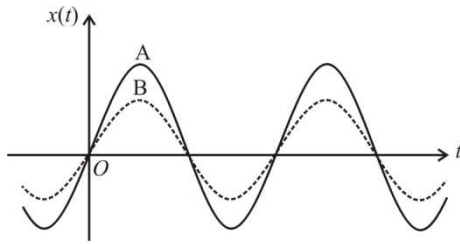
Şekil 1. T periyotlu, A genlikli basit harmonik hareket ve faz farkının gösterimi

A hareketin genliği, t zaman, w açısal frekanstır. δ faz sabitidir ve uygun olarak seçilmesiyle $\sin(wt+\delta)$ fonksiyonu, $\sin(wt)$, $\cos(wt)$ fonksiyonlarını veya bu ikisinin arasında yer alan belirli bir fonksiyonu temsil eder. Sinüs fonksiyonu boyutsuz olup, değeri -1 ve +1 arasında değişir. $x(t)$ ise uzunluk boyutuna sahiptir. Bu nedenle sinüs fonksiyonu uzunluk boyutuna sahip bir A genliği ile çarpılmıştır. Pozitif bir büyüklük olan genlik, sıfır noktasından maksimum sapmayı ifade eder.

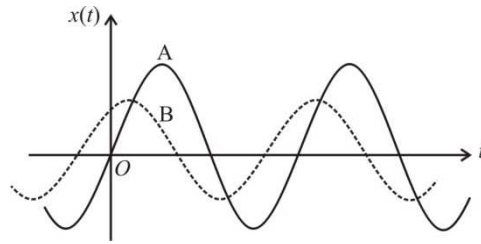
Genel olarak, Basit harmonik hareket için şunları söyleyebiliriz:

1. Hareket $x = \pm A$ limitlerinde sınırlıdır. A'nın pozitif büyüklüğü hareketin genliğidir.
2. Hareketin periyodu ard arda iki maksimum veya iki minimum arasında geçen süredir. Bazen, hareketin aynı karakter sergileyen iki noktası arasında geçen zaman olarak ta tanımlanır.

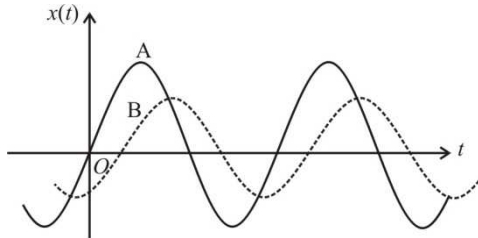
Faz sabiti δ 'nın önemi, aynı frekanslı iki veya daha fazla titreşim hareketinden bahsedildiğinde ortaya çıkar. Şekil 2a'da B titreşiminin genliği farklıdır ancak sıfır faz sabitine sahiptir. Şekil 2b'de B titreşimi için $\delta > 0$ dır ve pozitif yerdeğiştirmenin maksimum değerine diğer salınımdan daha önce ulaşır. Bu durumda B salınımı A'ya göre ileri fazdadır. B titreşimi için $\delta < 0$ olsaydı, geri fazda olacaktı (Şekil 2c). Şekil 2d'de ise salınımlar arasında 180° faz farkı vardır.



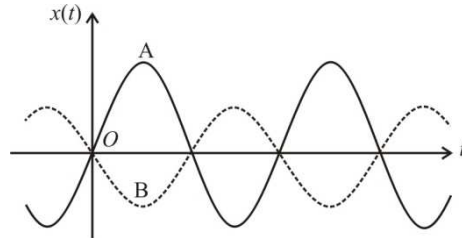
Şekil 2a.



Şekil 2b.



Şekil 2c.



Şekil 2d.

PERİYODİK HAREKETLERİN ÜSTÜSTE BİNMESİ

Üst-Üste Binme İlkesi

Lineer olma özelliği, bir ortamda ilerleyen iki dalga varsa, bu ikisinin cebirsel toplamı olan bir üçüncü dalganın da mümkün olabilmesi şeklinde tanımlanır. Matematiksel olarak ifade etmek gerekirse, söz konusu sistemlere ait hareket denklemlerinin iki farklı çözümünün toplamının da o sistem için bir çözüm olmasıdır. Lineerlik söz konusu olduğunda, sayıları ne olursa olsun dalgalar toplandığında ortaya yine bir dalga çıkar. Bu özelliğe **üst üste binme ilkesi** denir. Üst üste binme ilkesi, her biri farklı yönlerde ilerleyen, genlikleri, dalgaboyları ve frekansları farklı dalgaların toplanabileceğini ifade eder. Buradaki toplama cebirsel bir işlemidir. Genlikler üst üste gelip toplanıp büyüdükleri gibi birbirinden çıkarılıp küçültülebilirler, hatta birbirlerini yok edebilirler.

Doğada karşılaştığımız dalgalar genellikle karmaşıktır ve incelenmeleri zordur. Bununla birlikte, karmaşık yapıdaki bu gerçek dalgalar üst üste binme ilkesi sayesinde harmonik dalgalar cinsinden ifade edilebilirler. Çünkü, küçük yer değiştirmeler yapan esnek ortamlar lineer özelliklere sahiptirler.

Tek Boyutta Üst-üste Binen Salınımlar

Fiziksel olayların çoğunda, sistemin aynı anda birden fazla harmonik salınıma maruz kaldığı görülür. İki veya daha fazla harmonik salınının bileşkesi, salınımların tek tek toplamı şeklinde alınacaktır.

Aynı Frekanslı İki Salınının Üst-üste Binmesi

$x_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \alpha_1)$ ve $x_2(t) = A_2 \cos(\omega t + \alpha_2)$ salınımlarını gözönüne alalım. Bunların bileşkesi,

$$x(t) = x_1(t) + x_2(t) = A_1 \cos(\omega t + \alpha_1) + A_2 \cos(\omega t + \alpha_2) = A \cos(\omega t + \alpha)$$

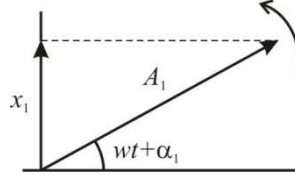
dir. Bu işlem geometrik olarak “**fazör toplamı**” ile yapılabilir. Örneğin, $x_1(t) = A_1 \cos(\omega t + \alpha_1)$ salınımı, A_1 büyüklüğüne sahip ve yatayla $\cos(\omega t + \alpha_1)$ açısı yapan bir vektörle (fazörle) temsil edilebilir (Şekil 3a). O halde, x_1 ve x_2 gibi iki salınının toplamı, x_1 'i ve x_2 'yi temsil eden fazörlerin toplanmasıyla kolayca hesaplanabilir. Matematiksel işlemlerin veya trigonometrik dönüşümlerin zor olduğu durumlarda bu geometrik metod büyük bir kolaylık sağlar. Şimdi x_1 ve x_2 salınımlarının toplamını (bileşkesini) bu metodla hesaplayalım. Bileşke hareketin genliği, Cosinus teoreminden (Şekil 3b,3c)

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)$$

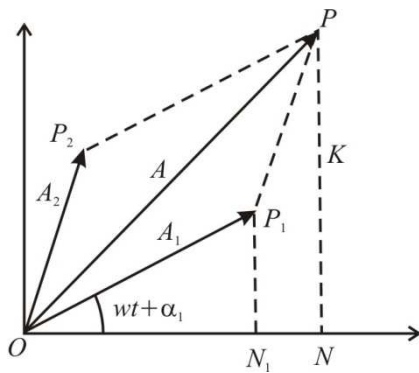
OP_1 vektörü, OP vektörü ile β açısı yapsın. Bu durumda,

$$A \sin \beta = A_2 \sin(\alpha_2 - \alpha_1)$$

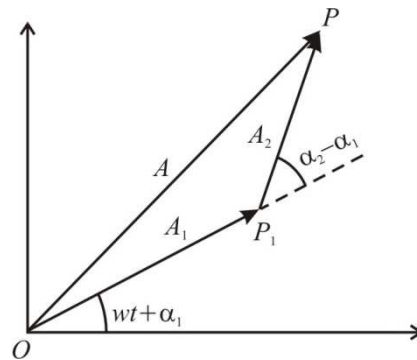
dır. $A_1 = A_2$ olduğu özel durumda, $\beta = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} = \frac{\delta}{2}$ ve $A = 2A_1 \cos\left(\frac{\delta}{2}\right)$ dir.



Şekil 3a.



Şekil 3b.



Şekil 3c.

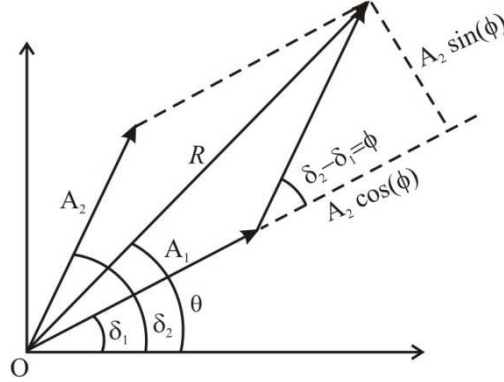
Genlikler için herhangi bir eşitlik söz konusu değilse (Şekil 4),

$$x_1(t) = A_1 \sin(\omega t + \delta_1) \text{ ve } x_2(t) = A_2 \sin(\omega t + \delta_2)$$

salınımları için bileşke dalganın faz açısı,

$$\tan \theta = \frac{A_1 \sin(\delta_1) + A_2 \sin(\delta_2)}{A_1 \cos(\delta_1) + A_2 \cos(\delta_2)}, \quad x = R \sin(\omega t + \theta)$$

şeklindedir.



Şekil 4.

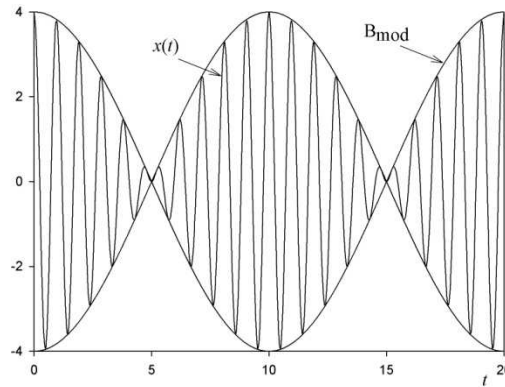
Farklı Frekanslı Salınımların Üst-üste Binmesi (Vuru)

Vuru, belli bir noktada birbirinden biraz farklı frekanslara sahip iki dalganın üst-üste binmesi ile şiddette meydana gelen periyodik değişimdir. Titreşimler arasındaki faz farkı zamanla sürekli olarak değişir. $x_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t + \delta_1)$ ve $x_2(t) = A_2 \cos(\omega_2 t + \delta_2)$ salınımlarını gözönüne alalım. Kolaylık açısından, $\delta_1 = \delta_2 = 0$, $A_1 = A_2 = A$ olsun. Bileşke salınım,

$$x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega_1 t) + A \cos(\omega_2 t) = 2A \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right) \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right) = B_{mod} \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right)$$

$$B_{mod} = 2A \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right)$$

dır. B_{mod} genliği salınımı sınırlayan zarf eğrisine karşılık gelir ve zamanla değişim gösterir, bazen modülasyon genliği de denir. Vuru olayları sadece $|\omega_1 - \omega_2| \ll \omega_1 + \omega_2$ ise fiziksel olarak anlamlıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Vuru. Toplam dalganın genliğinin zamanla değiştiğine dikkat ediniz. Vuru frekansı $f_{vuru} = |f_1 - f_2|$ dir.

Aynı Frekanslı Çok Sayıda Titreşimin Üst-üste Binmesi

Şekil 6'da gösterildiği gibi N tane titreşimin üstüste bindiğini varsayalım. Herbirinin genliği A_0 ve birbirlerine göre faz farkları δ olsun. İlk titreşim $x = A_0 \cos(\omega t)$ dir, N tanesinin bileşkesi ise $X = A \cos(\omega t + \alpha)$ şeklindedir.

$$\delta = \frac{\pi}{2}; \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{A}\right)^2 = 1 \Rightarrow x^2 + y^2 = A^2, \text{ çember}$$

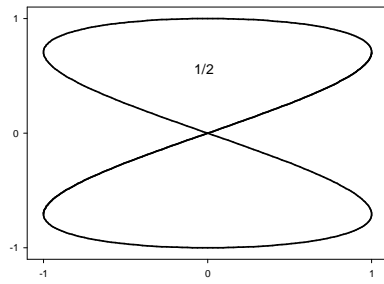
$$\delta = \frac{3\pi}{4}; \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{A}\right)^2 + \frac{2xy}{A^2 \sqrt{2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow x^2 + y^2 + \sqrt{2}xy = \frac{A^2}{2}, \text{ elips}$$

$$\delta = \pi; \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{y}{A}\right)^2 + \frac{2xy}{A^2} = 0 \Rightarrow (x + y)^2 = 0 \Rightarrow y = -x, \text{ doğru}$$

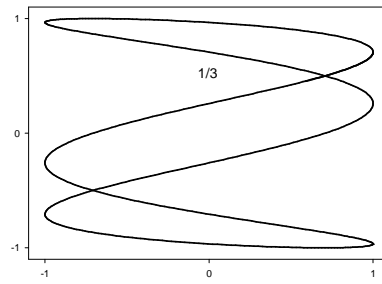
$w_1 \neq w_2$ durumunda elde edilecek şekiller çok daha karmaşıktır. Aşağıda $\delta = \pi/4$ için farklı w_2/w_1 lere karşılık gelen Lissajous şekilleri verilmiştir (Şekil 7a,b,c). Ayrıca, Lissajous eğrileri ile ilgili etkileşimli bir çalışmayı

<http://www.ngsir.netfirms.com/englishhtm/Lissajous.htm>

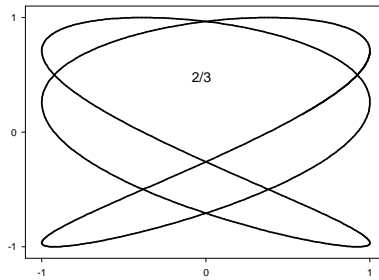
web adresinden yararlanarak yapabilirsiniz.



Şekil 7a.

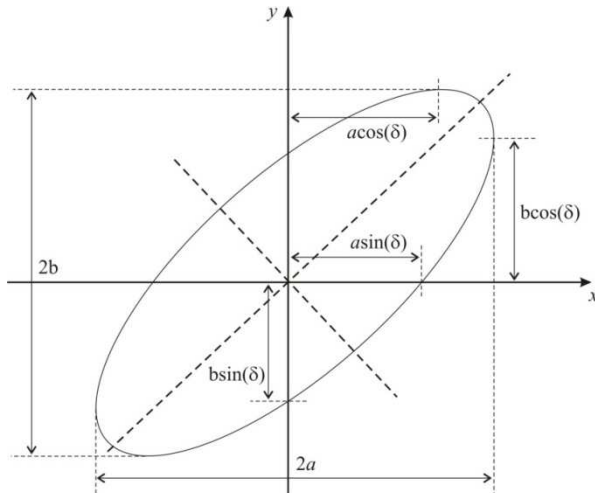


Şekil 7b.



Şekil 7c.

Aşağıda verilen şekilden faydalanarak, eşit frekanslı farklı genlikli iki sinyal kullanılarak oluşturulmuş Lissajous eğrileri kolayca analiz edebilir ve sinyaller arasındaki faz farkı δ pratik olarak belirlenebilir.



Birkaç tane pratik uygulama yapılabilir.

- $a \cos(\delta)$ değerinin sıfır olduğunu varsayınız. Bu durumda şekil bir çemberdir. $a \neq 0$ olduğundan $\cos(\delta) = 0$ ve $\delta = 90^\circ$ olarak bulunur.
- $b \sin(\delta)$ değerinin sıfır olduğunu varsayınız. Bu durumda şekil bir doğrudur. $b \neq 0$ olduğundan $\sin(\delta) = 0$ ve $\delta = 0^\circ$ olarak bulunur.

Fourier Teoremi

Joseph Fourier, periyodik fonksiyonların, sinus ve cosinus fonksiyonlarının uygun katsayılarla çarpılıp toplanması ile elde edilmiş bir seri şeklinde yazılabileceğini keşfetti. Bunun sonucu olarak, karışık dalga şekilleri uygun faz ve genlikteki harmoniklerin toplanması ile elde edilebilirler.

Bu teorem matematiksel olarak

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

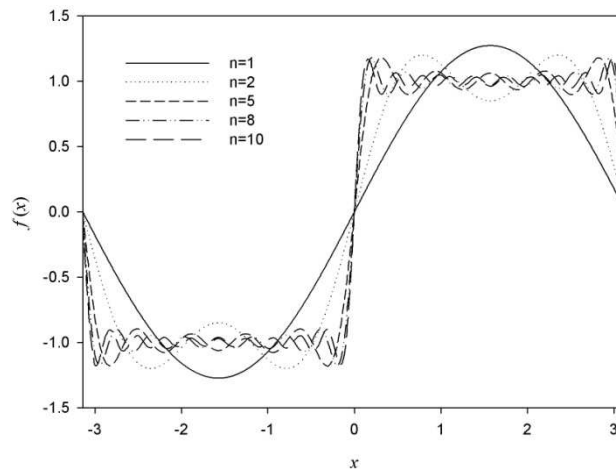
ile verilir. Örneğin, karmaşık bir dalga olarak

$$f(x) = \begin{cases} -1 & -\pi < x < 0 \\ +1 & 0 < x < \pi \end{cases}$$

şeklinde verilen kare dalgayı seçelim. Fourier teoremi yardımıyla kare dalga

$$f(x) = \frac{4}{\pi} \left\{ \sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \frac{1}{7} \sin 7x + \dots \right\}$$

şeklinde yazılır. Pratikte, toplama işleminde sonsuza kadar gitmeye gerek yoktur. Serideki daha üst mertebeli terimlerin toplama katkıları çok az olduğundan, toplam dalgayı ifade etmek için ilk birkaç terimi (5-10 terim) almak yeterlidir. Aşağıdaki şekilde kare dalganın Fourier serisi $n=1,2,5,8,10$ terim için verilmiştir. Terim sayısı arttıkça Fourier serisinin orijinal dalganın şeklini aldığına dikkat ediniz.



DENEY ALETLERİNİN TANITIMI

1. Model 9307 Fourier Sentezcisi: Model 9307 Fourier sentezcisi (Şekil 9) 10 kanala sahiptir ve bu kanallar sentezcinin ön paneline sütunlar halinde yerleştirilmiştir. En soldaki, *temel harmonikler* olarak adlandırılan iki sütun birbiriyle aynıdır ve frekansları 440 Hz tir. Geriye kalan 8 sütun, sütun sayıları ile anılan harmonikleri temsil eder ve bu sütunların frekansları sütun sayısı ile temel harmonik frekansının çarpımına eşittir. Örneğin; 5. sütun, 5.harmoniktir ve frekansı 5×440 Hz'dir.

Fourier Sentezcisinin Kontrol Fonksiyonları

Dalga Şekli (Wave Form): Birinci ve ikinci temel harmoniklerin her biri; sinüs, kare ve üçgen dalga üretebilir.

Faz (Phase): Her bir sinyalin fazını ayarlamak için birisi değişken faz düğmesi, diğer ikisi sabit faz düğmesi olmak üzere üç düğme vardır.

Genlik (Amplitude): Bu düğme kanal sinyalinin genliğini değiştirir. Saat ibresi yönünde döndürme genliği artırır.

Çıkış 10 K (output): Her kanal osiloskop bağlantısı için kırmızı renkli bir çıkış portuna sahiptir. Bu kanal yardımıyla, her bir kanala ait sinyal osiloskopta ayrı ayrı gözlemlenebilir.

Kanal Anahtarı: Her bir kanalın en altında bulunur ve kanal sinyalinin toplama katılıp katılmayacağını belirler.

Toplam Yükselteç (Summing): Bu port yardımıyla farklı kanallardan gelen sinyaller toplanabilir. Herhangi bir kolonun en altındaki kanal anahtarı "IN" konumuna getirildiğinde, o kanalın sinyali toplam sinyale ilave edilmiş olur.

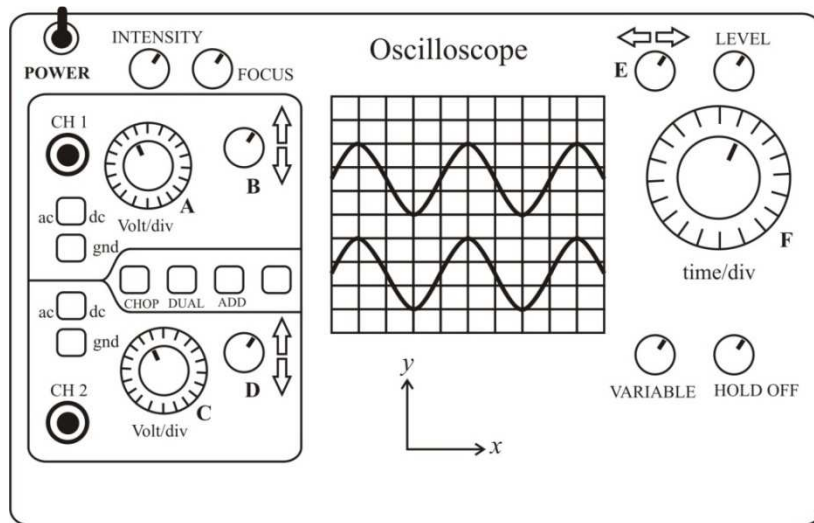
Tetikletici Çıkış (Trigger Output): Ön panelin sol alt köşesindeki kırmızı çıkış portu osiloskop için tetikleyici bir kaynaktır. Osiloskobun harici tetikleyici girişi bu porta bağlandığında osiloskop bir kare dalga ile tetiklenecektir ve bu kare dalganın frekansı temel harmoniğin frekansına eşittir.

Aç-Kapa (On-Off): Sol alttaki güç anahtarı cihazı açıp kapatır

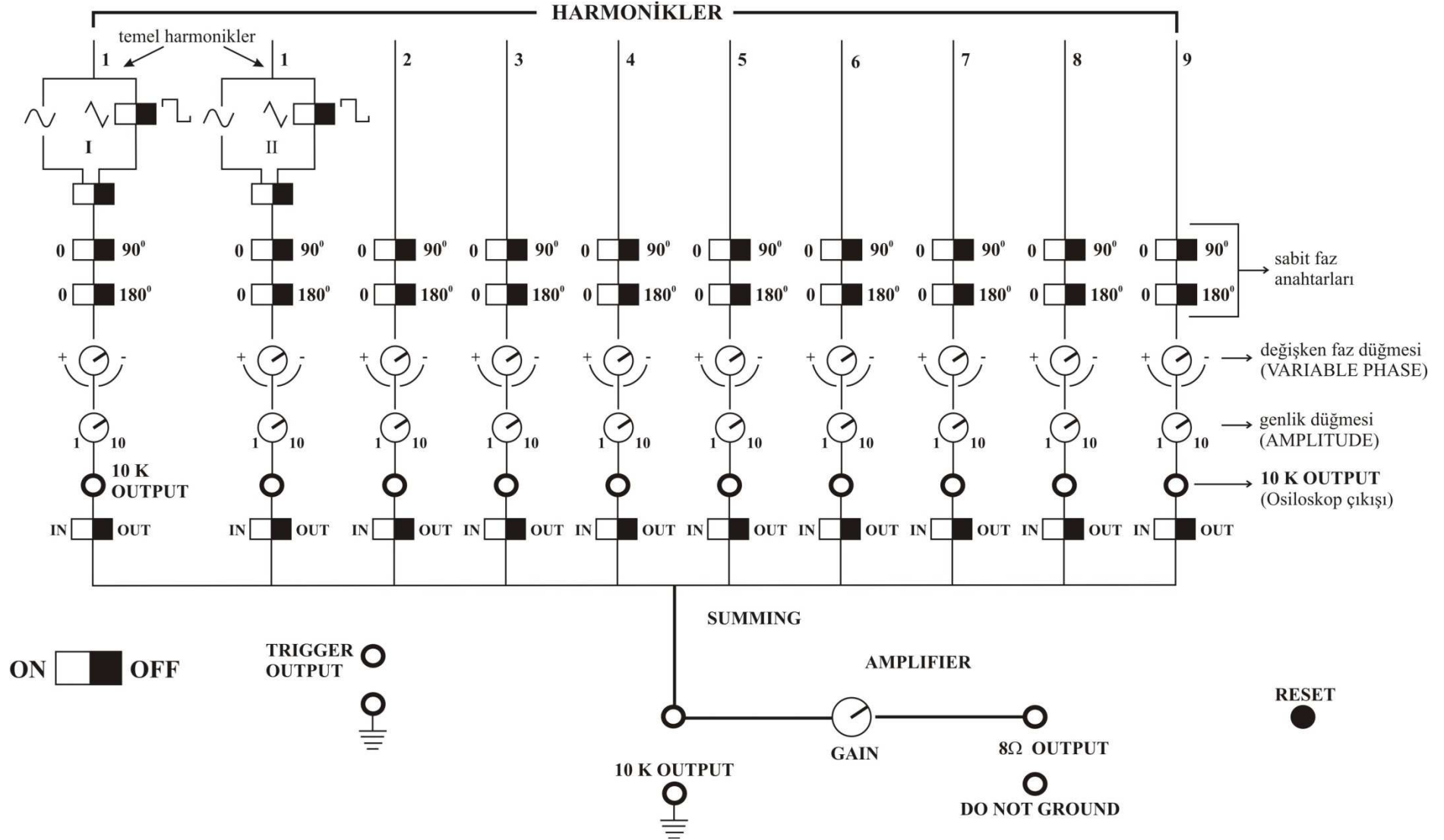
Reset: Ön panelin sağ alt köşesinde bulunur. Deney sırasında fourier sentezcisinde kararsız durumlar oluştuğunda kullanılır.

2. Osiloskop

Osiloskop, farklı tipteki sinyalleri analiz etmek kullanılan bir alettir (Şekil 10). Bu alet yardımıyla sinyalin genliği, frekansı (veya periyodu) belirlenebilir. İki adet sinyal girişine sahiptir ve her giriş için bir genlik anahtarı (volt/div) mevcuttur.



Şekil 10. Osiloskobun şematik gösterimi



Şekil 9. MODEL 9307 FOURIER SENTEZCİSİ

POWER anahtarı aygıtın açılması içindir. CH1 ve CH2 sinyal girişleridir. A düğmesi CH1'e ait sinyal için y koordinatında 1cm'nin kaç volta karşılık geldiğini belirler. Benzer şekilde C düğmesi CH2'ye ait sinyal için y koordinatında 1cm'nin kaç volta karşılık geldiğini belirler. B düğmesi CH1 sinyalinin, D düğmesi de CH2 sinyalinin y doğrultusunda hareket etmesini sağlar. E düğmesi her iki kanaldan gelen sinyalin x doğrultusunda hareket etmesini sağlar.

F düğmesi, x koordinatında 1cm'nin kaç saniyeye karşılık geldiğini belirler. LEVEL düğmesi, osiloskop ekranında kayan sinyallerin sabitlenmesi için kullanılır. Eğer bu düğme işe yaramıyorsa HOLD OFF düğmesi de kullanılabilir. INTENSITY düğmesi, ekranda görülen sinyalin kalınlığını ve parlaklığını kontrol ederken; FOCUS düğmesi de bu sinyalin netliğini belirler.

Tepe-tepe genlik ölçülürken, sinyalin en alt ve en üst noktaları arasındaki y mesafesi ölçülür, bu değer kanala ait volt/div (A veya C) değeri ile çarpılır.

Periyot ölçülürken, x doğrultusunda sinyalin aynı karakterli iki noktası (iki maksimum, iki minimum) arasındaki mesafe ölçülür, bu değer F ile çarpılır.

Not: Osiloskop bir sinyal üretici değildir, başka bir kaynak tarafından üretilmiş sinyalleri analiz etmeye yarayan bir alettir. Volt/div veya Time/div düğmeleri sinyalin kendisini değiştirmezler, sadece osiloskop ekranındaki görüntüyü değiştirirler.

DENEYLER

A. Model 9307 Fourier sentezcisinin güç kablосunu deney masanızdaki prizlerden birine takınız. Fourier sentezcisini çalıştırınız. Şekil 9'a bakarak, Osiloskobun 1. kanalına (CH I) ve ikinci kanalına (CH II), sırası ile birinci (I) ve ikinci (II) temel harmonikleri bağlayınız (Bağlantılar yapılırken her renk kendisi ile uyumlu olacak şekilde bağlanacaktır. Osiloskop kablосunun kırmızı ucu, Fourier sentezcisinin kanalı üzerindeki kırmızı renkli osiloskop çıkışına; kablосunun siyah ucu ise 10K OUTPUT portuna bağlanacaktır).

1. Model 9307 Fourier sentezcisinin kanallarına ait sinyaller \cos olarak ayarlanmıştır. Bu kabul altında, osiloskopta gözlediğiniz her iki sinyalin frekansını, genliğini ve varsa faz açısını belirleyiniz.

2. Sinyallerden sadece birini kullanınız. Fazını uygun bir şekilde ayarlayarak aşağıdaki sinyalleri elde ediniz, faz değerlerini kaydediniz.

- a) \sin
- b) $-\cos$
- c) $-\sin$
- d) Eğer sentezcinin ürettiği sinyaller \cos olarak belirtilmemiş olsaydı, sinyallerin “cos mu, sin mi” olduğunu nasıl belirlerdiniz
- e) Osiloskopta oluşturacağınız keyfi bir dalgayı $x(t)$ (Denklem 3) formunda ifade ediniz?

B.

1. Sentezcinin temel harmoniklerini kullanarak, osiloskopta genlikleri ve frekansları aynı olan iki sinyal gözleyiniz.

- a) Sinyalleri osiloskop üzerinde bulunan “ADD” düğmesine basarak toplayınız, toplam sinyalin genliğini kaydediniz. Bazı durumlarda ADD düğmesi toplama işlemini iyi yapmayabilir. O zaman ikinci bir yol

olarak toplama işlemi Fourier sentezcisi üzerinde yapılır: Toplanmak istenen kanalın altındaki kanal anahtarı “IN” konumuna getirilir. SUMMING portundan tek bir osiloskop kablosuyla çıkış alınır, bağlantı yapılırken renklere dikkat edilir. Böylece toplam sinyal tek başına osiloskop ekranında gözlenmiş olur.

- b) Sinyallerden birine 90° faz farkı vererek toplayınız, toplam sinyalin genliğini kaydediniz.
- c) Sinyallerden birine 180° faz farkı vererek toplayınız, toplam sinyalin genliğini kaydediniz.
- d) Faz farkı olmaksızın, sinyallerden birinin genliğini diğerinin iki katı yapıp toplayınız, toplam sinyalin genliğini kaydediniz.
- e) Yukarıdaki işlemleri teorik olarak fazör yöntemiyle yapınız, sonuçlarınızı deneysel değerlerle karşılaştırınız

2. Sentezcinin farklı kanallarını kullanarak, osiloskopta genlikleri aynı, frekansları farklı olan iki sinyal gözleyiniz.

- a) Toplayınız, toplam sinyalin genliğini kaydediniz.
- b) Sinyallerden birine 90° faz farkı vererek toplayınız?
- c) Sinyallerden birine 180° faz farkı vererek toplayınız?
- d) Faz farkı olmaksızın, sinyallerden birinin genliğini diğerinin iki katı yapıp toplayınız, toplam sinyalin genliğini kaydediniz.
- e) a,b,c,d şıklarında elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.

C.

Fourier sentezcisinin **8. ve 9. harmoniklerini** kullanarak osiloskopta genlikleri aynı olan iki sinyal gözleyiniz.

- a) Toplayınız. Gördüğünüz olayı tanımlayarak, Denklem 5 yardımıyla matematiksel ifadesini yazınız. Vuru frekansını deneysel olarak ölçüp teorik değeri ile karşılaştırınız.
- b) Aynı olayı 4. ve 5. harmonikleri kullanarak tekrarlayınız.
- c) a ve b şıklarını karşılaştırdığınızda, vuru olayı hangi durumda daha baskın olarak meydana geliyor, açıklayınız.

D.

1. Fourier sentezcisinin **temel harmoniklerini** kullanarak osiloskopta frekansları ve genlikleri aynı iki sinyal gözleyiniz.

- a) Osiloskop üzerindeki X-Y mod düğmesine basarak Lissajous eğrisini elde ediniz.
- b) 1. temel harmoniğe 90° faz farkı vererek Lissajous şekli elde ediniz.
- c) 1. temel harmoniğe 180° faz farkı vererek Lissajous şekli elde ediniz.
- d) 1. temel harmoniğe 30° faz farkı vererek Lissajous şekli elde ediniz.
- e) b,c,d şıklarındaki işlemleri teorik olarak yapınız, sonuçlarınızı deneyle karşılaştırınız.

2. a) Fourier sentezcisinin I.temel harmoniğini sin sinyaline ayarlayınız, II.temel harmoniğini dalga seçme anahtarını üçgen dalga konumuna getirerek üçgen sinyaline ayarlayınız. Her iki sinyalin genliğini aynı yapınız. Lissajous eğrisini elde ediniz.

- b) Fourier sentezcisinin 1.temel harmoniğini kare, 2.temel harmoniğini üçgen dalga olarak seçip osiloskopta frekansları ve genlikleri aynı olan iki sinyal gözleyiniz ve Lissajous eğrisini elde ediniz
- c) a ve b şıklarındaki eğrileri teorik olarak elde ediniz.

E.

1. Aşağıdaki tabloda verilen sinyallerden en az iki tanesini oluşturunuz.

Tabloda (c) cos sinyalini, (s) sin sinyalini ve (-) işareti 180° faz farkını göstermektedir. Sinyaller oluşturulurken 1.harmoniğin genlik değeri keyfi bir şekilde seçilir %100 olarak alınır ve diğer harmoniklerin genlikleri bu genliğe göre düzenlenir. 45s şeklindeki bir yazım, temel harmonik genliğinin %45'inin alınacağını ve sinyalin sinus sinyali olacağını ifade etmektedir. Örneğin, 1.harmoniğin genliğini 10V olarak seçelim ve kare dalga oluşturmak istiyor olalım. 2.kanalın genliği, genlik anahtarı yardımıyla sıfır yapılır. 3. kanalın sinyali faz anahtarı yardımıyla (-) yapılır, genliği $33 \times 10/100$ değerine ayarlanır. 4.kanalın genliği sıfır yapılır. 5. Kanalın genliği $20 \times 10/100$ değerine ayarlanır, "c"den dolayı fazın sıfırda olmasına dikkat edilir. Bu şekilde, bütün kanalların genlik ayarları yapılır, kanal anahtarları açılarak toplama işlemi yapılır ve SUMMING portundan çıkış alınarak sinyal gözlenir.

	Harmonikler								
Sinyal şekli	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kare	100c	0	-33c	0	20c	0	-14c	0	11c
Üçgen	100c	0	11c	0	4c	0	2c	0	1.2c
Testere	100s	-50s	33s	-25s	20s	-17s	14s	-12.5s	11s
Puls treni	20c	-20c	20c	-20c	20c	-20c	20c	-20c	20c

2. Deneyde elde ettiğiniz şekillerin orijinal dalga şekilleri ile benzerliklerini karşılaştırınız ve Fourier teoremini göz önüne alarak sonucunuzu yorumlayınız.

DENEY 2

FOURIER ANALİZ DENEYİ-2

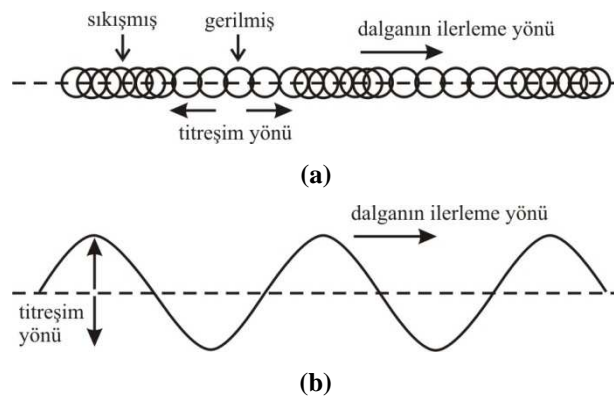
Amaç: İnsan kulağının duyabileceği frekans aralığını belirlemek, ses dalgalarının hızlarını hesaplamak, nasıl yayıldıklarını açığa, uzaklığa ve frekansa bağlı olarak incelemek, Fourier analizi yapmayı öğrenmek, enine ve boyuna dalgalar hakkında bilgi sahibi olmak.

Deniz dalgaları, bir piyano telinde oluşan dalgalar, ses ve görüntü ileten elektromagnetik dalgalar, bir ses yükselticisinin havada oluşturduğu ve kulağımıza kadar gelen ses dalgaları, kulağımızın kemik dokusunda oluşup elektrik sinyalleriyle beynimize ulaşan dalgalar, günlük yaşamımızda karşılaştığımız dalga hareketine örnek oluştururlar.

Gerilmiş bir gitar teline dokunulduğunda, tel düzenli bir salınım yapar veya titreşir. Gitar telini oluşturan atomlar, atomlar arası kuvvetlerle birbirlerine bağlanmıştır. Uyarılmadıklarında atomlar kararlı denge konumlarında olup, telin tamamı dengededir. Tele dokunulduğunda, teldeki bir grup atomun yeri denge konumuna göre değişir ve bu atomlar komşu atomlara kuvvetler uygulayarak onların da yerini değiştirir. Bu yer değiştirme bir sonraki komşu atomlara da aktarılır ve dolayısıyla telin tamamı boyunca ilerleyerek telde bir şekil değişikliği olur. Böylece, telin tamamı düzenli bir şekilde hareket ederek **dalga** olarak tanımlanan olayı meydana getirir.

Dalga hareketinin nasıl ortaya çıktığını anlamak için, hareketin yayıldığı ortam, birbirlerine yaylar ile bağlanmış nokta parçacıklar sistemi olarak modellenir. Ortamın herhangi bir noktasına uygulanan baskının oluşturduğu sıkıştırma, bir şekil değişikliği halinde ortam içinde yayılır. Belli bir süre sonra ortam ilk özgün şekline geri döner. Böylece model ortamda bir dalga hareketi meydana gelir. Bu tür ortamlara **esnek ortam** denir. Esnek ortamlar, normalde esnek olarak düşünemeyebileceğimiz katı maddeleri kapsar. Okyanus yüzeyi esnek bir ortamdır ve deniz dalgaları bu ortamda yayılır. Ses dalgalarının yayıldığı hava da örnek olarak verilebilir. Tellerde, su dalgalarında ya da ses dalgalarında olduğu gibi, maddesel ortamın hareketini gerektiren dalgalara **mekanik dalgalar** denir.

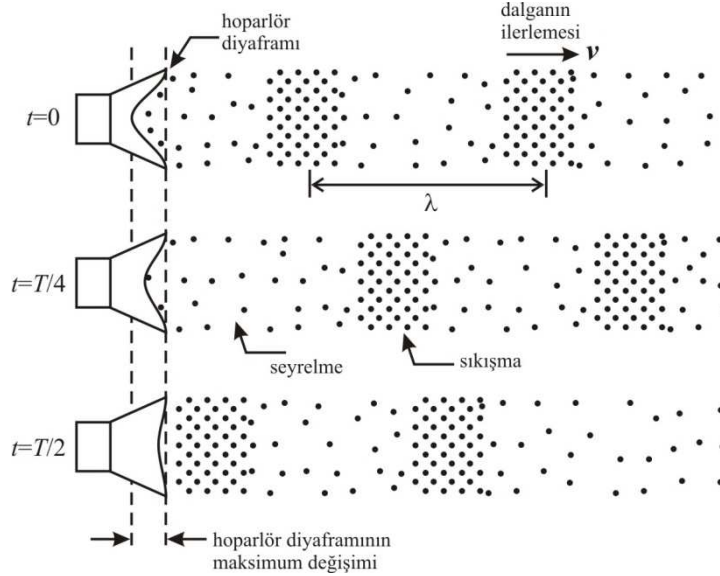
Dalgalar titreşim yönlerine bakılarak enine ve boyuna dalgalar olarak iki sınıfta toplanırlar: Boyuna dalgalarda ilerleme yönü ve titreşim yönü birbirine paraleldir (Şekil 1a). Enine dalgalarda ise titreşim yönü ilerleme yönüne diktir (Şekil 1b).



Ses Dalgaları

Hava içinde bir cismin mekanik hareketleri ses dalgalarını meydana getirir. Örneğin, ses tellerinin titreşimi, salınım yapan bir keman teli gibi. İlerleyen bir ses dalgası enerji taşır ve bu enerji de kulak zarı gibi bir mekanik sistem tarafından algılanır.

Havayı oluşturan moleküller arasındaki mesafe, sıvı ve katıyı oluşturan moleküllere göre çok daha büyüktür. Bu nedenle, hava moleküllerinin sıvı ve katı molekülleri gibi yay benzeri moleküller arası kuvvetlerle birbirlerine bağlanmaları söz konusu değildir. Birbirleriyle yaptıkları kısa süreli rastlantısal çarpışmalar dışında serbestçe hareket ederler. O zaman şu soru aklımıza gelir: Hava molekülleri serbestçe hareket ediyorsa hava içinde dalga hareketi nasıl yayılıyor?



Şekil 2. Ses dalgasının hava içinde ilerleyişi.

Şekil 2’de gösterildiği gibi x -ekseni boyunca uzanan bir boru düşünelim. Borunun bir ucunda hoparlör olsun. Hoparlörün diyaframı sağa doğru hareket ettiğinde, diyaframın sağındaki ince bir dilimin içinde bulunan hava moleküllerine $+x$ yönünde bir kuvvet etki eder. Rastlantısal hareketlerine ek olarak bu moleküller $+x$ yönünde bir momentum kazanırlar. Başlangıçta dilimin içinde bulunan moleküllerden bazıları, komşu bölgeye ulaşarak buradaki moleküllerin sayısını artırır ve molekül yoğunluğunun yüksek olduğu bir *sıkışık bölge* meydana gelir. Diyafram sola doğru hareket ettiğinde, daha az sayıda molekülün bulunduğu bir bölge oluşur ve bu da molekül yoğunluğunun daha düşük olduğu seyrek bölgelere karşılık gelir. Böylece, Şekil 2’den de görüldüğü gibi, ard arda sıralanmış sıkışık ve seyrek bölgeler oluşur. Sıkışık bölgede daha fazla molekül olmasından dolayı, molekül çarpışmalarının sayısı daha fazladır. Çarpışmaların fazla olduğu bu bölgeden sıçrayan moleküller seyrek bölgeyi dolduracaktır. Kendilerine net momentum aktarılmış olan moleküller $+x$ yönünde ilerleyeceklerinden, sıkışık bölge de bir atma şeklinde sağa doğru ilerleyecektir. Diyafram periyodik olarak hareket ettiğinde sıkışık ve seyrek bölgeler de hava içinde periyodik bir şekilde ilerler. Moleküllerin yerdeğiştirmesi dalganın ilerleme yönündedir. Bu nedenle, *ses dalgaları boyuna dalgalardır*. Özel olarak, ses dalgaları boyuna mekanik dalgalardır ve herhangi bir ortamda ortamın özelliklerine bağlı olan bir hızla yayılırlar.

Ses dalgaları frekanslarına göre üç gruba ayrılırlar:

- 1. Ses-altı (İnfrasonic) Dalgalar:** İşitilebilir mertebenin altındaki frekansta olan dalgalardır (Deprem dalgaları).
- 2. İşitilebilir Ses Dalgaları:** İnsan kulağının duyarlılık sınırları içinde olan ses dalgalarıdır, frekansları 20 Hz-20000 Hz arasındadır.
- 3. Ses-üstü (Ultrasonic) Dalgalar:** İşitilebilir mertebenin üstündeki frekanslara sahip ses dalgalarıdır. Örneğin, kuartz kristaline alternatif elektrik alan uygulanmasıyla elde edilebilirler.

Bir mekanik dalgaının hızı, içinde yayıldığı esnek ortamın özelliklerine bağlıdır. Bir tel boyunca meydana gelen dalga hareketinde hız $v = \sqrt{T/\mu}$ ile verilir. Burada T teldeki gerilimi yani teli tekrar denge durumuna döndürmeye çalışan kuvveti, boyca kütle yoğunluğu μ ise gerilime karşı olan direnci temsil eder.

Sesin hızı hesaplanırken, gerilimi temsil eden kuvvet faktörü ile direnci temsil eden kütle faktörü, sesin içinde yayıldığı gazın miktarına bağlı değildir. Kuvvet P_0 basıncı, kütle ρ_0 yoğunluğu ile temsil edilir. Bir gaz içinde sesin hızı;

$$v_{ses} = \sqrt{\frac{P_0}{\rho_0}}$$

dır. Bu ilk kez Newton tarafından bulunmuştur ve *Newton formülü* olarak bilinir. Daha ayrıntılı olarak sesin hızı;

$$v_{ses} = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}}$$

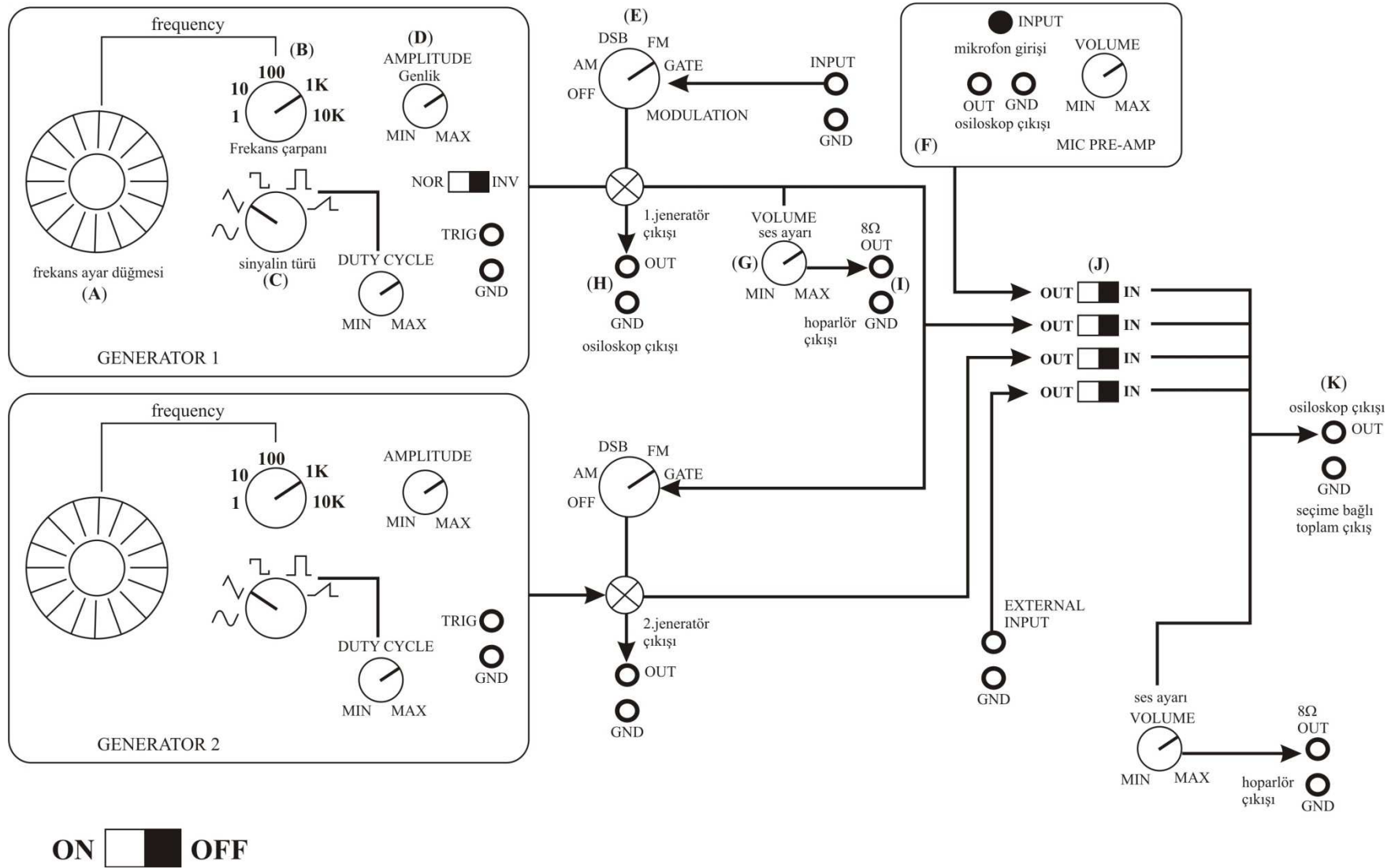
dır. Burada γ , hava için yaklaşık değeri 1.4 olan bir sabittir. Deniz seviyesindeki normal atmosfer koşullarında $P_0 \cong 10^5 N/m^2$ ve $\rho_0 \cong 1.3 kg/m^3$,

$$v_{ses} \cong 330 m/s$$

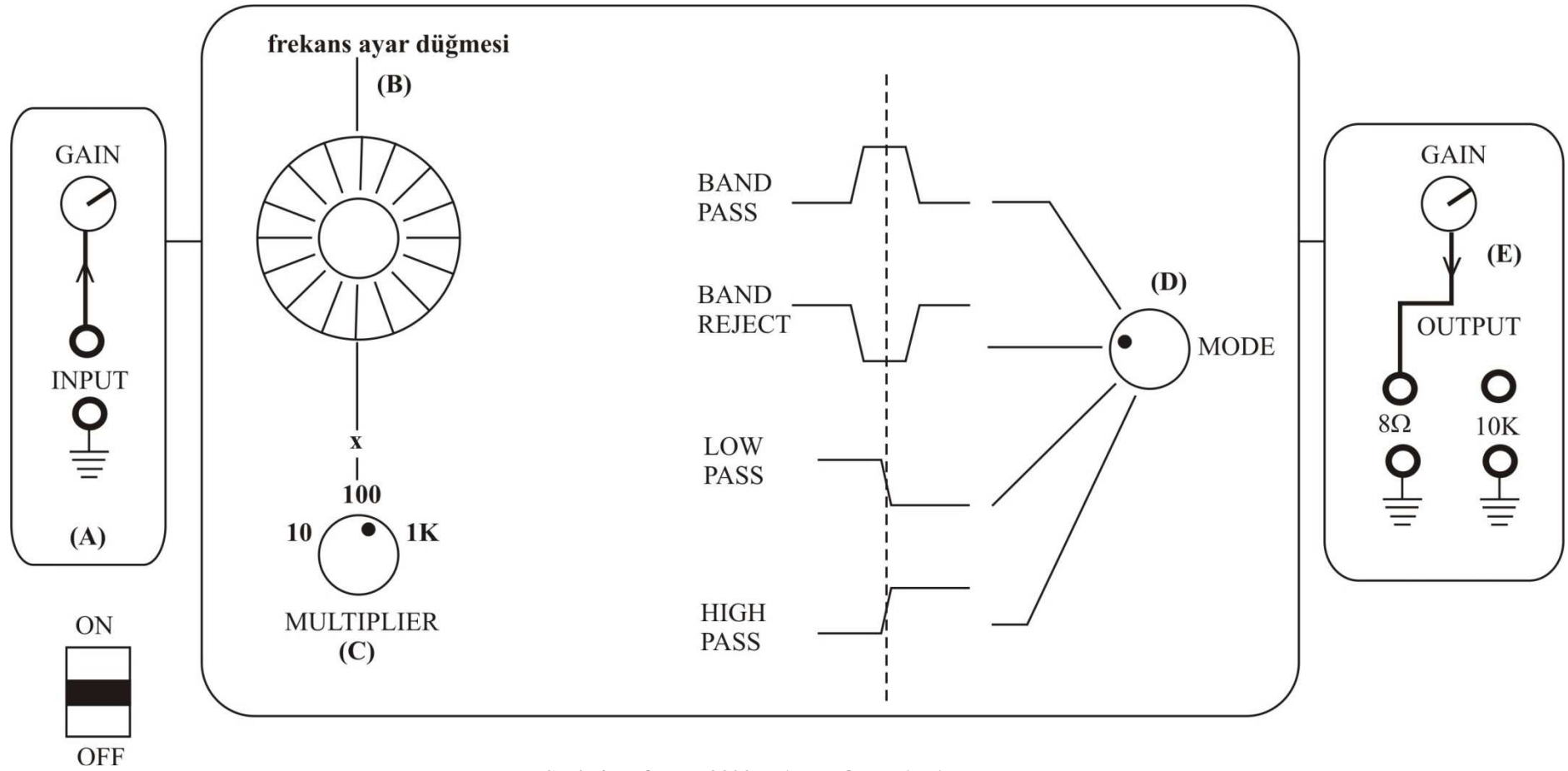
dır. Ses dalgaları farklı maddelerde farklı hızlarla ilerlerler. Aşağıdaki tabloda çeşitli ortamlarda ses dalgalarının hızı verilmiştir.

Ortam	Sesin Hızı (m/s)
Hidrojen	1284
Su	1402
Kurşun	1210
Gümüş	2700
Alüminyum	5000

Deney 2. Fourier Sentez Deneyi-II



Şekil 3. MODEL 9301-A DUAL FUNCTION GENERATOR



Şekil 4. MODEL 9302 WAVEFORM ANALYZER

DENEY ALETLERİNİN TANITIMI

9301-A Çift Fonksiyon Jeneratörü (Dual Function Generator)

Çift fonksiyon jeneratörü, 1.jeneratör bloğu (generator 1), 2. jeneratör bloğu (generator 2), iki adet modülasyon bloğu (modulation), mikrofon bloğu (mic pre-amp) ve toplayıcı yükselteç (summing amplifier) bloğu olmak üzere altı adet bloktan oluşur (**Şekil 3**). Kullanacağımız blokların işlevlerini ayrı ayrı açıklayalım. Parantez içindeki harfler Şekil üzerindeki karşılıkları göstermektedir.

1. Jeneratör Bloğu: Komple bir sinyal jeneratörüdür.

- 1. Frekans Ayar Düğmesi :** Frekans ayar düğmesidir (**A**). Üzerinde 1'den 10'a kadar değerler mevcuttur.
- 2. Frekans Çarpanı:** 1, 10, 100, 1K, 10 K değerlerini alabilir (**B**). Frekans düğmesi ile belirlenmiş olan frekansın *katlanması* ve böylece istenilen bir frekansın kolayca elde edilmesini sağlar. Örneğin, frekans düğmesi 5'te ve frekans çarpanı 100'de ise jeneratör çıkışındaki sinyal $5 \times 100 = 500$ Hz olacaktır.
- 3. Dalga Şekli Anahtarı:** Jeneratörün *sinüs, üçgen, kare, atma, ve rampa* sinyallerinden birini üretmesini sağlar (**C**).
- 4. Genlik Düğmesi (AMPLITUDE):** Üretilen sinyalin genliğini kontrol eder (**D**).
- 5. Normal-Ters Anahtarı (NOR-INV):** Üretilen sinyali 180° faz farkı verir.
- 6. Tetikleyici Çıkış (Trigger Output):** Osiloskobu tetiklemek için 1.sinyal jeneratörü ile aynı frekansta bir kare dalga sağlar
- 7. Toprak (GND):** Ortak toprak portudur.

2. Jeneratör Bloğu: Bu blok ön panelin sol alt kısmında bulunur. 1. jeneratörden bağımsızdır ve normal-ters anahtarı hariç 1. Jeneratör bloğu ile aynıdır.

Mikrofon Bloğu (MIC PRE-AMP): Mikrofon bloğu sağ üst köşeye yerleştirilmiştir (**F**). Giriş (INPUT) düşük empedanslı bir mikrofon içindir.

Toplayıcı Yükselteç (SUMMING AMPLIFIER): Ön panelin sağ alt köşesine yerleştirilmiştir (**K**). Sağa sola kayabilen anahtarlar (**J**), diğer bloklardan gelen sinyallerin toplam sinyale ilave edilip edilmeyeceklerini belirler (sola çekilirse sinyal toplam sinyale ilave edilmeyecek, sağa çekilirse edilecektir). Tepeden tepeye yaklaşık 2V luk harici bir giriş mevcuttur. Bir 10K ve bir 8Ω çıkışa sahiptir. 8Ω 'luk çıkışın genlik kazancı kontrol edilebilir. Ayrıca, modülasyon blokları her iki jeneratörün çıkışına yerleştirilmiştir. Modülasyon ile ilgili bir çalışma yapılmayacağından deney süresince modülasyon anahtarının (**Şekil 3'te E ile gösterildi**) "OFF" konumunda olmasına dikkat ediniz.

9302 Model Dalga Form Analizörü

Şekil 4'e bakınız.

- 1. ON-OFF:** Ön panelin sol altındadır ve cihazın açılıp kapatılmasını sağlar.
- 2. Input-Gain (Giriş-Kazanç):** Girişi ve bu girişe ait kazancı kontrol eder (**A**).
- 3. Frequency (frekans):** Filtrenin merkez frekansını kontrol eder (**B**).
- 4. Multiplier (çoğaltıcı):** Frekans kadranı için skala çarpanını kontrol eder (**C**). Örneğin frekans kadranı 3'te ve multiplier 10'da ise merkez frekans 30 Hz olacaktır.
- 5. Mode (mod):** Dört filtre modundan birisini seçer (**D**).
 - a. Band Pass (bandı geçir):** Merkez frekansını geçirir, diğerlerini geçirmez.
 - b. Band Reject (bandı reddet):** Merkez frekans hariç bütün frekansları geçirir

c. Low Pass (düşük frekansları geçir): Merkez frekanstan düşük olan frekansları geçirir, diğerlerini reddeder.

d. High Pass (yüksek frekansları geçir): Merkez frekanstan yüksek olan frekansları geçirir, diğerlerini reddeder.

6. Output (çıkış): Hoparlör için 8Ω çıkışı ve osiloskop için $10K$ çıkışı mevcuttur (**E**). Kazanç (GAIN) düğmesi sadece 8Ω çıkış üzerinde etkilidir.

Not: Aygıtlar üzerindeki 8Ω 'luk çıkışlar hoparlör için, $10K$ 'lık çıkışlar osiloskop içindir. Osiloskop kullanımı hakkında detaylı bilgi için Deney 1'e bakınız.

DENEYLER

1. Fonksiyon jeneratörünün güç kablosunu deney masanızdaki prizlerden birine takınız. ON-OFF anahtarını açarak fonksiyon jeneratörünü çalıştırınız. Föyünüzde verilen fonksiyon jeneratörü şekline dikkatlice bakarak, fonksiyon jeneratörünün (**H**) ile gösterilen 1.jeneratör çıkışına osiloskobu bağlayınız. Osiloskobu bağlarken kırmızı uç OUT portuna, siyah uç GND portuna bağlanacaktır. Şekil 3'te (**G**) ile gösterilen VOLUME bloğundaki, 8Ω 'luk çıkışa hoparlörü bağlayınız. (**B**) "1" konumuna getiriniz. Frekans ayar düğmesini yavaşça çevirerek kulağınızın duyduğu ilk sesin frekansını belirleyiniz. Frekansı artırarak kulağınızın duyduğu son sesin frekansını belirleyiniz. Kulağınızın duyduğu frekans aralığını teorik değeri ile karşılaştırıp, bu değerlerin deney şartlarından nasıl etkilendiğini tartışınız?

2. Sesin Yayılması

Hoparlör-Mikrofon Tepkisi: Deneylere devam etmeden önce hoparlör-mikrofon çiftinin tepkisi gözden geçirilmelidir. Hoparlörü, mikrofondan yaklaşık 25 cm uzağa yerleştiriniz ve iki cihazın birbirine dönük olmalarını sağlayınız. Hoparlörü Deney 1'deki porta, mikrofonu MIC PRE-AMP bloğundaki INPUT portuna ve osiloskobu da aynı bloktaki OUT portuna bağlayınız. Jeneratörü 500 Hz'lik sinüs dalgası verecek şekilde ayarlayınız ve hoparlör kazancını oda seviyesi tonunu oluşturana kadar artırınız. MIC bloğundaki kazanç düğmesini dikkatlice ayarlamak gerekir, yüksek kazançlarda osiloskop ekranında görülen sinyal bozulabilir. Mikrofondan algılanan sinyalin tepe-tepe genliğini ölçünüz. Frekansı 100 Hz artırarak işlemi tekrarlayınız. 1200 Hz'e kadar işleme devam ediniz. Elde ettiğiniz verileri kaydediniz ve frekans-genlik grafiğini çizip, yorumlayınız.

Hoparlörün Yöne Bağlı Karakteristikleri: Hoparlör bir nokta kaynak olmadığından, ses dalgalarını küresel olarak yaymaz. Daha düşük frekanslarda sesin dalga boyu hoparlörün çapından büyüktür ve sonuç olarak hoparlör bir nokta kaynak gibi davranır. Ses dalgalarının dalga boyu hoparlör çapından çok daha küçük olduğunda hoparlör ilerleyen ses dalgalarını demet haline getirmeye çalışır ve doğrusal bir kaynak gibi davranır. Jeneratörü uygun bir genlikle 500 Hz'lik sinüs sinyaline ayarlayınız. Mikrofon tarafından algılanan sinyalin tepe-tepe genliğini ölçmek için osiloskobu kullanınız. Hoparlör ve Mikrofonu aynı eksen üzerinde birbirlerinden 30 cm uzağa yerleştiriniz. Bu mesafede uygun bir sinyal gözleyemiyor iseniz, uygun bir sinyal gözleyene kadar hoparlör ve mikrofonu birbirine yaklaştırınız. Mikrofonu hoparlöre göre çeşitli açılarda tutarak, algılanan

sinyalin tepe-tepe genliğini ölçünüz ve değerlerinizi kaydediniz. Genliğin açıya göre grafiğini çiziniz ve yorumlayınız?

Hoparlörün Uzaklığa Bağlı Karakteristikleri: Ses dalgalarının esas özelliklerinden biri yayılma şeklidir. *Bir noktasal kaynak dışı doğru küresel olarak ilerleyen dalgalar yayar ve dalga cephesinin şiddeti, kaynaktan olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır.* Mikrofon hoparlöre çok yakınsa sonuçlar ters kare kanununa uymaz. Hoparlör yakınında ses dalgaları hemen hemen düzlemseldir. Bundan dolayı şiddet hızlı bir şekilde azalmaz. Ayrıca, yüksek frekanslarda hoparlörden çok uzaklarda da ses dalgaları düzlemseldir.

Hoparlör ve Mikrofonu aynı eksen üzerinde birbirlerine doğru bakacak şekilde yerleştiriniz. Jeneratörü uygun bir genlikle 500 Hz’lik sinüs sinyaline ayarlayınız (Hoparlör, mikrofon ve osiloskop bağlantıları hoparlör-mikrofon tepkisi kısmındaki gibi yapılacaktır). Hoparlör ve mikrofon arasındaki uzaklığı değiştirerek, en az altı farklı uzaklık değeri için algılanan sinyalin tepe-tepe genliğini ölçünüz ve değerlerinizi kaydediniz. Uzaklık-genlik grafiğini çizerek sonuçlarınızı yorumlayınız?

3. Ses Hızı

Hoparlör-mikrofon çiftini osiloskop ekranında uygun bir algılanan sinyal oluşacak şekilde birbirlerine göre uygun bir uzaklığa yerleştiriniz (bağlantılar bir önceki kesimdeki gibi yapılacaktır). Jeneratörden gelen sinyali osiloskobun CH I’ine, mikrofondan gelen sinyali de osiloskobun CH II’sine bağlayınız. İki sinyal arasındaki faz kaymasını osiloskop ekranından ölçünüz ve time/div çarpanı ile çarparak sesin hoparlörden mikrofonu ulaşana kadar geçen zamanı hesaplayınız. Hoparlör-mikrofon arası uzaklığı bu zaman değerine bölerek sesin havadaki hızını belirleyiniz.

4. Fonksiyon jeneratörünün 1.jeneratör çıkışına (H) osiloskobu bağlayınız ve 500 Hz’lik bir sinüs sinyali elde ediniz. Bu işlemi yaptıktan sonra osiloskop bağlantısını sökünüz. Fonksiyon jeneratörünün çıkışını (H), dalga analizörü’nün girişine (A) portları uygun olacak şekilde bağlayınız (dalga analizörü’nün frekans çarpanı 100 kademesinde olmalıdır).

a) Dalga Analizörü’nün MODE düğmesini “BAND PASS” konumuna getiriniz ve frekans düğmesini kullanarak keyfi bir merkez frekans belirleyiniz ve bu değeri kaydediniz. Analizörün 10K çıkışını (E) osiloskobun II.kanalına bağlayınız. Osiloskobun II.kanalında maksimum genlik oluşana kadar jeneratör frekans ayar düğmesini çeviriniz ve meydana gelen olayları, şematik olarak çizip, açıklayınız.

b) Jeneratörün uygun genlikli bir kare dalga üretmesini sağlayınız. Dalga analizörünün MODE düğmesini “BAND PASS” konumuna getiriniz. Analizör frekansını değiştirerek osiloskop ekranındaki sinyali gözleyiniz. Elde ettiğiniz şekli yorumlayınız.

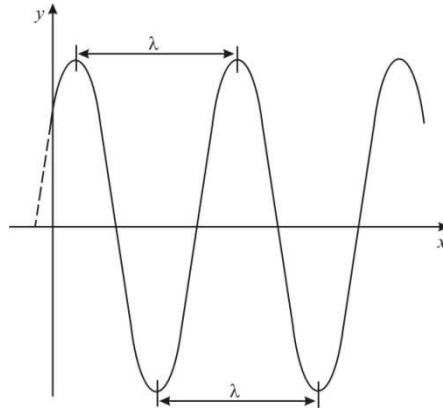
Burada yapılan işlem, bir f sinyalinin harmoniklerinin bulunması işlemidir veya Deney 1’den fourier teoremini hatırlarsak, f sinyalinin farklı sinyallerin toplamı olarak yazılmasıdır.

DENEY 3 DALGA LEĞENİ

Amaç: Su dalgalarında girişim ve kırınımı araştırmak, düzlem ve dairesel dalgaların yayılmasını, yansımaları, kırılmasını incelemek. Bir dalga'nın doğası ile ilgili kavramları öğrenmek.

Dalga: Ortam içindeki şekil değişikliğinin yine o ortam içinde ilerlemesine denir.

Dalga Boyu: Dalga üzerinde *özdeş olarak davranan* herhangi iki nokta arasındaki minimum uzaklığa denir ve λ ile gösterilir.



Peryot: Dalga'nın bir dalga boyu kadar mesafeyi alması için geçen zamana denir ve T ile gösterilir.

Frekans: Saniyede sabit bir noktadan geçen dalga tepesi sayısıdır ve f ile gösterilir. Peryot ile aralarında $f=1/T$ bağıntısı vardır.

Atma: Sınırlı bir zaman aralığında sıfırdan farklı kalan zamana bağlı bir genliktir ve sabit hızla hareket eder.

Kırılma: Bir dalga'nın bir ortamdan başka bir ortama geçerken doğrultusunu değiştirmesidir.

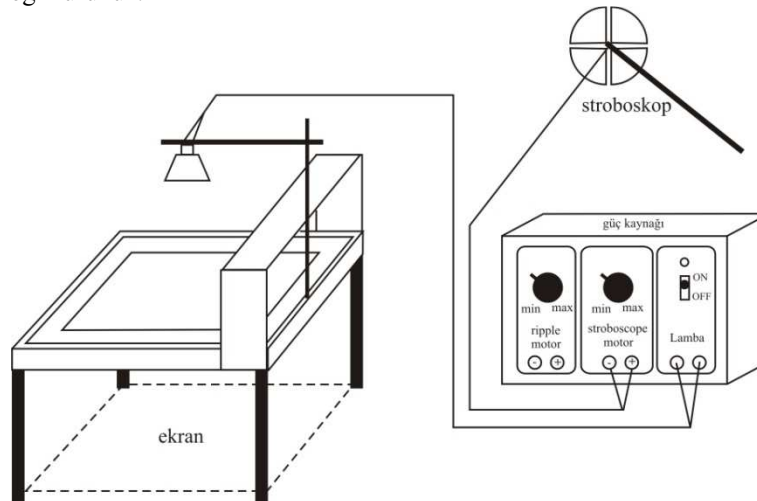
Yansıma: Dalga'nın bir engelle çarparak, geldiği ortama geri dönmesine denir.

Girişim: Uygun şartlar altında uzayın belirli bir noktasında iki veya sonlu sayıda dalga'nın üst-üste binmesidir.

Kırınım: Dalgalar küçük aralıklardan, engeller veya oldukça keskin kenarların yakınlarından geçtiğinde oluşur. Girişimin aksine, sonsuz sayıda dalga'nın üst-üste binmesiyle oluşur.

DENEYLER

1. Şekil 1'deki düzeneği kurunuz.

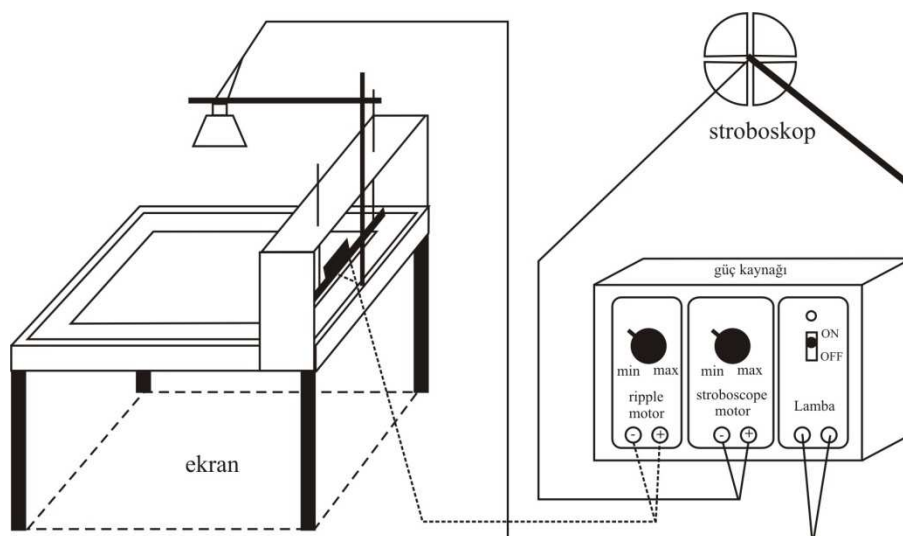


Şekil 1.

Leğenin yataylığını sağladıktan sonra içine 1-1.5 cm yüksekliğe kadar su doldurunuz.

- a) Leğenin ortasına parmağınızı hafifçe dokundurarak dalga meydana getiriniz. Ekrandaki dalganın şekli nasıl? Dalga her doğrultuda aynı hızla mı yayılıyor?
- b) Leğen üzerinde motorun bağlı olduğu çubuğun yüksekliğini, çubuğun alt yüzeyi su yüzeyi ile hemen hemen temas halinde olacak şekilde ayarlayınız. Çubuğun üzerinde bulunan motora *Ripple motor* denir. Güç kaynağını açınız ve Ripple motorun voltajını biraz artırınız. Motor dönmeyecektir, bu durumda motorun milini dönme gerçekleşene kadar elinizle çeviriniz. Ekranda ne tür dalgalar görüyorsunuz (düzlemsel mi dairesel mi). Leğene tahtadan yapılmış düz engeli koyunuz. Yansıtıcı engelin dalgayla yaptığı açığı değiştirerek yansıyan dalganın ilerleme yönünü inceleyiniz. Yansıyan dalga doğrusal mı? Yansıma açılarını ve gelme açılarını ekran üzerinde çizerek karşılaştırınız.
- c) Motorun bağlı olduğu çubuğu su yüzeyinden ayırınız. Dairesel dalga aparatını turuncu ucu yarıya kadar suyun içine batacak şekilde çubuk üzerindeki deliklerden birine takınız. Voltaj değerini küçük değerlerde tutarak Ripple motoru çalıştırınız. Bu düşük frekanslı dalgalar elde etmenizi sağlayacaktır. Ekranda gördüğünüz dalgalar nasıl dalgalardır? Leğene tahtadan yapılmış düz engeli koyunuz. Yansıtıcı engelin dalgayla yaptığı açığı değiştirerek yansıyan dalganın ilerleme yönünü inceleyiniz. Yansıyan dalga doğrusal mı? Yansıma açılarını ve gelme açılarını ekran üzerinde çizerek karşılaştırınız.
- d) Dairesel dalgalar durumunda, yansıyan dalganın merkezi nerededir? Gözlemlerinize dayanarak, gelen ve yansıyan dalgaların merkezleri hakkında ne söyleyebilirsiniz?
- e) Dairesel dalga aparatını çıkarınız. Çubuğu su yüzeyiyle temas haline getiriniz. Düşük frekanslı düzlemsel dalgalar elde ediniz. Dalga leğenine yansıtıcı olarak parabol şeklinde kıvrılmış metal cismi yerleştiriniz. Yansıyan dalgayı inceleyiniz. Yansıyan dalgaların nerede toplandığını belirleyiniz. Bu nokta çukur aynada hangi noktaya karşılık gelir?
- f) Ripple motoru kapatınız. Yansıyan dalgaların toplandığı yerde parmağınızı suya değdirerek meydana getireceğiniz dairesel dalganın çukur yüzden nasıl yansıdığını gözleyiniz. Yansıyan dalganın şekli nasıl?

2. Şekil 2'deki düzeneği kurunuz



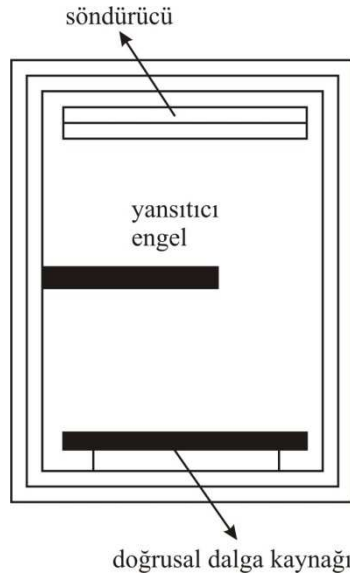
Şekil 2.

- a) Güç kaynağını açınız ve *ripple motoru* çalıştırınız. Voltaj değerini uygun bir şekilde ayarlayarak ekranda kolayca gözleyebileceğiniz düzlemsel dalgalar elde ediniz. Stroboskobu elinize alın ve ekrana bakın.

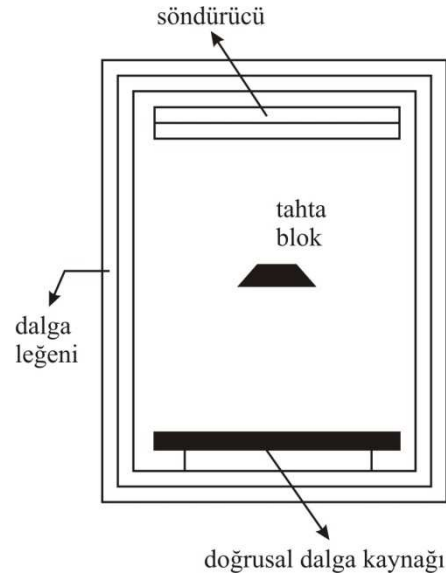
Stroboskop voltajını biraz artırın ve stroboskoba elinizle ilk hareket vererek dönmesini sağlayınız. Stroboskop voltajını ayarlayarak stroboskobun dönme hızını belirleyebilirsiniz. Stroboskop voltajını yavaş yavaş artırarak ekrandaki dalgaları “duruyor” halde görmeye çalışın. Siz dalgaları duruyor olarak görürken, grup arkadaşlarınızdan biri de stroboskobun 10 devir yapması için geçen zamanı ölçsün. Buradan dalgaların periyodunu bulunuz? Dalgaları duruyor halde görürken, ekran üzerinde ard arda gelen iki parlak çizgiyi işaretleyin ve bu mesafeyi ölçerek dalganın dalga boyunu (λ) bulunuz?

b) Yayılma hızı $v = \lambda/T$ olduğuna göre (burada T , periyot), dalganın hızını bulunuz?

c) Dalga leğeninin ortasına Şekil 3'teki gibi yansıtıcı engeli koyunuz. Kaynaktan gelen dalgalarla engelden yansıyan dalgalar üst-üste binerek *duran dalgalar* meydana getirir. Bu duran dalga deseninde ard arda gelen iki parlak çizgi arasını ölçünüz ve daha önce ölçtüğünüz dalga boyu ile karşılaştırınız. Nasıl bir sonuca varıyorsunuz.



Şekil 3.



Şekil 4.

d) Kaynaktan 10 cm kadar uzağa Şekil 4'teki gibi bir tahta blok yerleştiriniz. Dalga boyu büyük dalgalar meydana getirerek, bunların engelin kenarından geçtikten sonraki şekillerini inceleyiniz. Dalgalar doğrusallığını koruyor mu? Engelin kenarlarını özel olarak gözlemleyiniz.

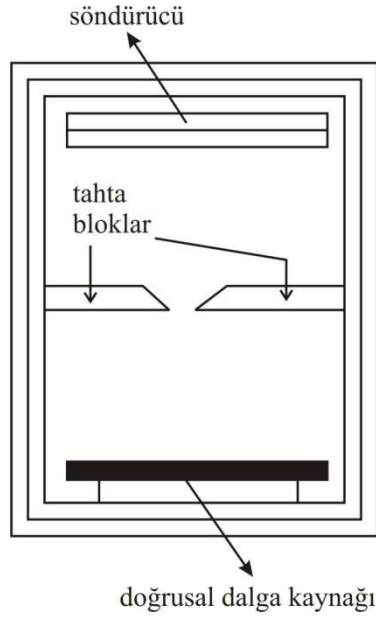
e) Dalga kaynağının frekansını (ripple motorun voltajını) artırarak yüksek frekanslı dalgalar meydana getiriniz. Dalga boyu küçüldükçe engelin arkasındaki dalga deseni nasıl değişiyor.

f) Şekil 5'teki düzeneği kurunuz. Dalga boyu büyük dalgalar meydana getirerek bunların yarıktan geçtikten sonraki şekillerini inceleyiniz. Bunlar doğrusal mıdır? Ripple motorun voltaj değerini artırarak, dalga boyunu küçülttüğünüzde, yarığı geçen dalgalarda nasıl bir değişim olmaktadır. Hangi fiziksel olay gerçekleşiyor, bu durumu açıklayınız.

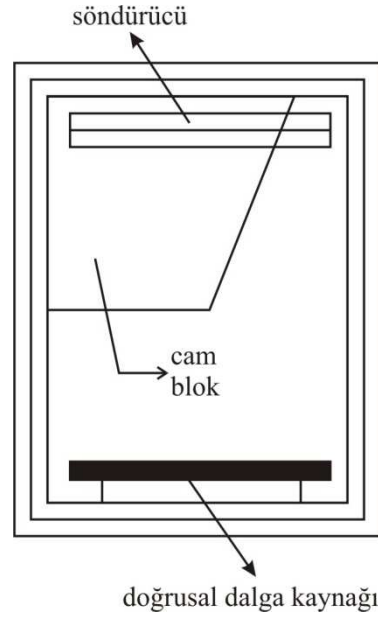
g) Dalga boyunu orta büyüklükte sabit tutarak yarık genişliğini değiştiriniz. Dalga deseni nasıl değişiyor? Yarık genişliğinin nasıl ektiğini gözleyerek, bu durumu açıklayınız.

h) Yukarıdaki gözlemlerinize göre kırınım olayı nelere bağlıdır. Kırınımı olayını ortadan kaldırmak için neler yapılabilir.

- i) Şekil 6'daki düzeneği kurunuz. Orta frekansta dalgalar meydana getiriniz. Ekran üzerinde dalgaları duruyor olarak görürken, cam blok kullanılarak oluşturulmuş sıg bölgede ve cam blok olmayan bölgede dalgaların dalga boylarını ölçünüz. Bulduğunuz değerleri yorumlayınız.

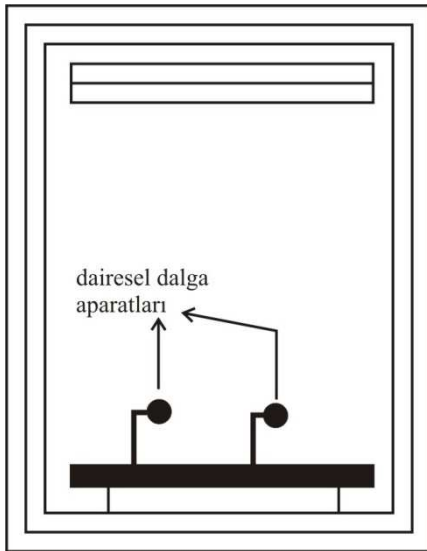


Şekil 5.

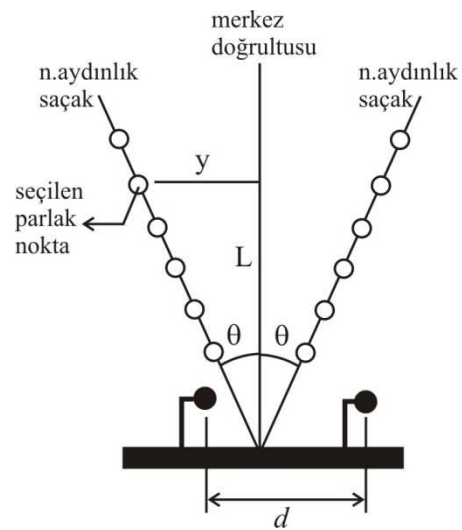


Şekil 6.

- j) Şekil 7'deki gibi doğrusal dalga kaynağının üzerine dairesel dalga aparatlarını yerleştiriniz. Ekranda oluşan girişim desenini gözleyiniz (DENEY 8'deki Şekil 4'e benzer bir yapı göreceksiniz). Merkez doğrultusunu bulunuz. Şekil 8'deki geometriyi ekran üzerinde çizerek kurunuz. Ekran üzerinde keyfi bir parlak nokta seçiniz. Bu noktanın hangi saçak üzerinde olduğunu yani n sayısını belirleyiniz. Örneğin, seçtiğiniz nokta 3.aydınlık saçak üzerinde ise $n=3$ 'tür. y , L ve d mesafelerini ölçünüz. Yapıcı girişim şartından $d \sin \theta = n\lambda$ yararlanarak dalga boyunu hesaplayınız



Şekil 7.



Şekil 8.

DENEY 4

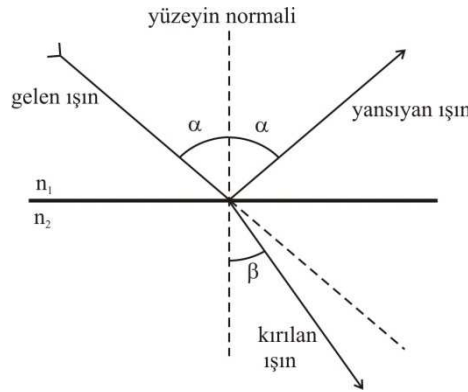
IŞIĞIN KIRILMASI, YANSIMASI VE KUTUPLANMASI

Amaç: Lazer ışığının yansımasını, kırılmasını ve kutuplanmasını incelemek. Kutuplanma ve çok katlı yansımaya olaylarından faydalanarak belirli bir kalınlığa sahip camın (veya saydam malzemenin) kırılma indisini hesaplamak.

LASER “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin kısaltmasıdır ve *dışardan bir etki ile eşzamanlı foton salınması* anlamına gelir. Laserde üretilen ışık, elektrik ışığı vb. gibi kaynaklardan yayılan ışıklardan farklıdır. Normal ışık kaynakları farklı doğrultuda, farklı fazda ve farklı frekansta ışık yayarken; laserler aynı frekansta, aynı fazda ve aynı doğrultuda ışık yayarak koherent bir ışık meydana getirirler.

Lazer Işığının Özellikleri

1. Lazer demetinin bütün fotonları aynı dalgaboyuna sahiptir ve bu nedenle tek renklidir (*Monokromatiklik*).
2. Sıradan bir ışık demeti aynı dalgaboyunda fotonlardan oluşsa bile, fotonlar kaynaktan dağınık olarak çıkarlar ve farklı yollar izlerler. Lazer ışığında ise fotonlar eş fazlı olarak, sık aralıklarla ve aynı hat üzerinde ilerlerler (*Eş fazlılık*).
3. Uzaklığın lazer ışınının yolundan sapıtma yüzdesi yok denecek kadar azdır (*Yönlülük*).
4. Güç yoğunluğu diğer ışık kaynaklarından oldukça yüksektir. Bu nedenle lazer ışınının çarptığı madde ya erir ya da parçalanır (*Parlaklık, spektral güç yoğunluğu*).

Işığın Yansıması**Şekil 1.**

İnce bir ışık demeti, homojen bir ortam içinde doğrusal bir yol boyunca ilerler ve sabit bir hızla yayılır. İlerleyen ışık demeti, başka bir ortamla karşılaştığında, ışığın bir kısmı II.ortama geçerken, bir kısmı I. ortama geri döner (Şekil 1). II. ortama geçene *kırılan ışık*, I. ortama geri dönene *yansıyan ışık* denir.

Yansıma Kanunları:

1. Gelen ışın, normal ve yansıyan ışın aynı düzlemdedir.
2. Gelen ışığın normalle yaptığı açı, yansıyan ışığın normalle yaptığı açıya eşittir.

Kırılma Kanunları:

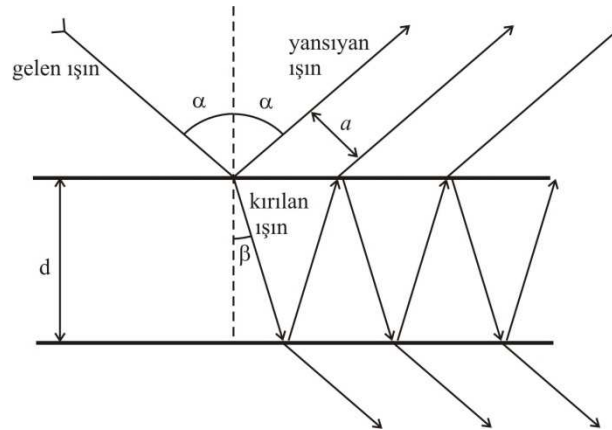
1. Gelen ışın, normal ve yansıyan ışın aynı düzlemindedir.
2. Gelme açısının sinüsünün kırılma açısının sinüsüne oranı iki ortamın bağlı *kırılma indisini* verir.

$$n_1 \sin(\alpha) = n_2 \sin(\beta)$$
3. Işık az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşarak, çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçerken normalden uzaklaşarak kırılır.

$\lambda_0 = 589 \text{ nm}$ olan ışık ile ölçülen kırılma indisleri	
Madde (20°C)	Kırılma İndisi
Elmas	2,419
Cam, flint	1,66
Buz	1,309
Su	1,333
Sodyum Klorür	1,544

Yansıma Çeşitleri

1. Çok Katlı Yansıma: Kalın bir cam levhayı lazer demetinin önüne yerleştirdiğimizde bir dizi yansıma ve kırılma gerçekleşir. Bu olaya *çok katlı yansıma* denir.



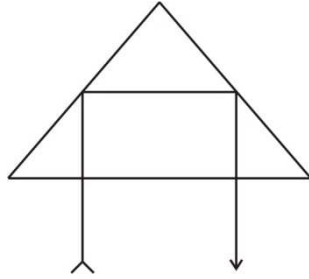
Şekil 2. Çok katlı yansıma olayının üstten görünüşü.

Levhanın kalınlığı d ise, yansıyan iki komşu ışın arasındaki a uzaklığı

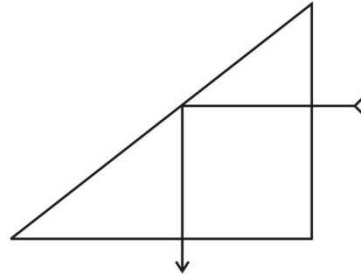
$$a = \frac{d \sin(2\alpha)}{\sqrt{n^2 - \sin^2(\alpha)}}$$

formülüyle verilir. a , d , α parametreleri laboratuvar ortamında ölçülebildiğinden, bu formül yardımıyla n kırılma indisi deneysel olarak belirlenebilir.

2. İç Tam Yansıma: Kesitinin bir açısı 90° diğerleri 45° olan bir üçgen prizmanın dik kenarlarından birine dik olarak gönderilen ışık ışını kırılmadan prizmaya girer ve hipotenüsün normaliyle 45° açı yaparak yansımaya uğrar. Yansıyan bu ışın diğer kenara dik olarak düşer ve kırılmadan prizmayı terk eder (Şekil 3a,3b). Tam iç yansımali prizmalar ters görüntüleri doğrultmakta kullanılır.

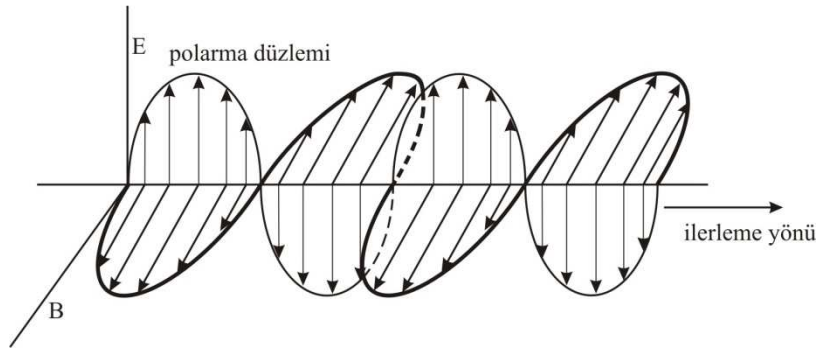


Şekil 3a.



Şekil 3b.

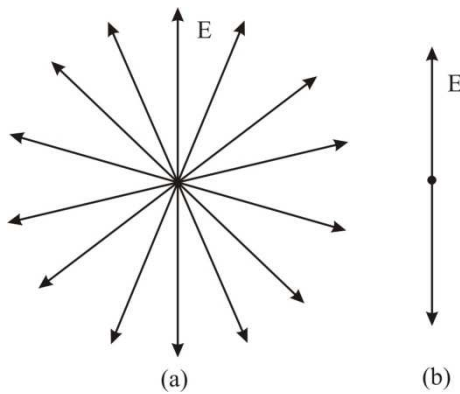
Işık, elektrik ve magnetik alanlardan oluşan bir elektromagnetik dalgadır. Elektrik alanın ve magnetik alanın titreşim doğrultuları birbirine dik olduğu gibi, dalganın ilerleme doğrultusuna da diktir. Bu nedenle, elektromagnetik dalgalar enine dalgalardır (Şekil 4).



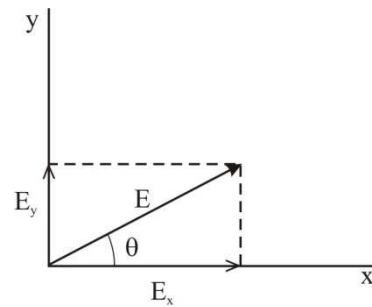
Şekil 4. Elektromagnetik dalga

İŞIĞIN KUTUPLANMASI

Rastgele bir ışık demeti, ışık kaynağındaki atom veya moleküller tarafından yayılan çok sayıda dalgalardan oluşur. Her atom kendi \vec{E} alanı doğrultusunda dalga meydana getirir. Bu yönelim atomik titreşimlerin de doğrultusudur. Bir elektromagnetik dalganın kutuplanma yönü, \vec{E} 'nin titreşim yaptığı yön olarak tanımlanır. Bütün yönlerde titreşim mümkün olduğundan, bileşke elektromagnetik dalga, her bir atomik kaynağın ürettiği dalgaların süperpozisyonudur. Sonuç Şekil 5a'da gösterildiği gibi kutuplanmamış dalgadır. Şekildeki dalganın yayılma doğrultusu sayfaya diktir. \vec{E} alan vektörünün doğrultuları eşit olasılıkla yayılma doğrultusuna dik bir düzlem içinde bulunurlar. Herhangi bir noktada ve herhangi bir anda, sadece bir tane bileşke elektrik alanı vardır. Bir dalganın \vec{E} alanı belirli bir noktada her an için aynı doğrultuda titreşiyorsa bu dalgaya **çizgisel kutuplanmış dalga** denir (Şekil 5b).



Şekil 5. (a) Kutupsuz ışık, (b) kutuplu ışık



Şekil 6.

z -yönünde hareket eden bir ışık demetinin \vec{E} bileşeninin, bir an için x -ekseni ile θ açısı yaptığını farzedelim (Şekil 6). \vec{E} vektörü \vec{E}_x ve \vec{E}_y bileşenlerine sahiptir. Açıkça, bu bileşenlerden bir tanesi her an sıfır veya θ açısı zaman içerisinde sabit kalıyorsa ışık **çizgisel olarak kutuplanmış** olur. Fakat, \vec{E} vektörünün ucu zamanla bir daire çizerek dönüyorsa, o zaman dalga **daireysel kutuplanmış** olur. Bu durum \vec{E}_x ve \vec{E}_y büyüklükçe eşit, fakat aralarında 90° lik faz farkı olduğunda meydana gelir. Öte yandan, \vec{E}_x ve \vec{E}_y büyüklükçe eşit değil ve yine aralarında 90° lik faz farkı varsa, o zaman \vec{E} vektörünün ucu bir elips çizer ve dalga **eliptik kutuplanmış** olur. Eğer \vec{E}_x ve \vec{E}_y eşit büyüklükte, fakat aralarında zamanla değişmeyen faz farkı yoksa dalga kutuplu değildir.

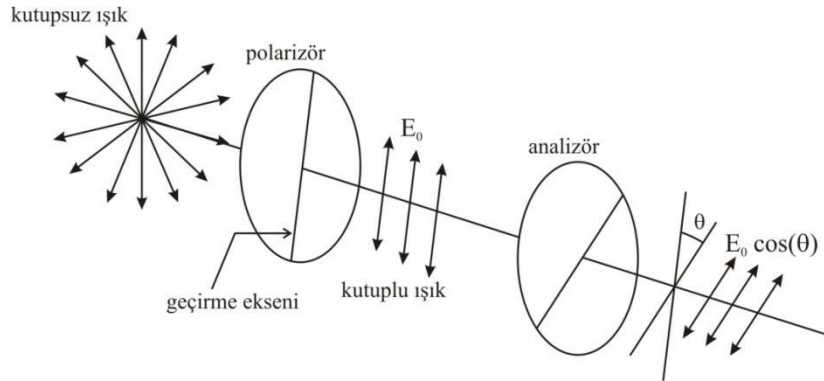
→ Kutuplanma olayı elektromagnetik dalgaların enine doğasının kesin kanıtıdır.

Çizgisel polarize bir demet, polarize olmamış bir demetten elde edilebilir. Bu işlem, polarize olmamış demetten \vec{E} alan vektörleri bir yönde titreşen dalgalar hariç, diğerlerini çıkarmakla yapılır. Polarize olmamış bir ışıktan polarize ışık elde etmek için geliştirilmiş dört fiziksel yöntem vardır:

1. Seçici Soğurma ile Polarizasyon

Bu yöntemde, \vec{E} vektörünün istenen bileşeni hariç diğer bileşenleri kutuplayıcı (polarizör) aracılığıyla soğurulur. Kutuplayıcı yönlendirilmiş moleküllerin seçici soğurmasıyla ışığı kutuplar. Bu madde uzun-zincirli hidrokarbon tabakaları halinde üretilir.

\vec{E} alan vektörü tabaka içindeki molekül zincirine paralelse soğurulur, dikse diğer tarafa geçer. Moleküler zincirlere dik doğrultuya *geçirme eksen*i denir. İdeal bir kutuplayıcı \vec{E} si geçirme eksenine paralel olan ışığın tamamını geçirirken, \vec{E} si geçirme eksenine dik olan ışığın da tamamını soğurur.



Şekil 7.

Polarize olmamış ışık demeti birinci kutuplayıcıya gelir; kutuplayıcının geçirme eksenini düz çizgi ile belirtilmiştir (Şekil 7). Kutuplayıcıyı geçen ışık düşey doğrultuda kutuplanmıştır. Geçen elektrik alan vektörü E_0 dır. Analizör olarak adlandırılan ikinci kutuplayıcı, demeti bir θ açısı ile keser. E_0 ın analizör eksenine dik olan bileşeni tamamen soğurulur; paralel olan bileşenin de $\cos(\theta)$ çarpanı kadarlık kısmı diğer tarafa geçer.

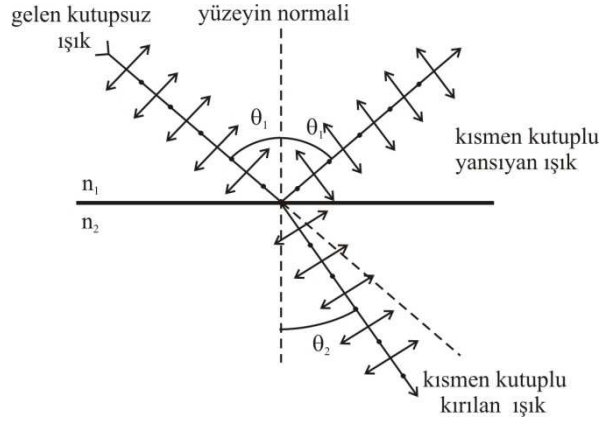
Geçen ışığın şiddeti I , gelen kutuplu ışığın şiddeti I_0 'a

$$I = I_0 \cos^2(\theta)$$

ifadesiyle bağlıdır. Bu ifade **Malus Yasası** olarak bilinir. Bu yasaya göre, geçirici eksenler paralel olduğunda $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ geçen şiddet maksimum olmaktadır. Ayrıca, geçirici eksenler birbirine dik olduklarında geçen şiddet sıfırdır.

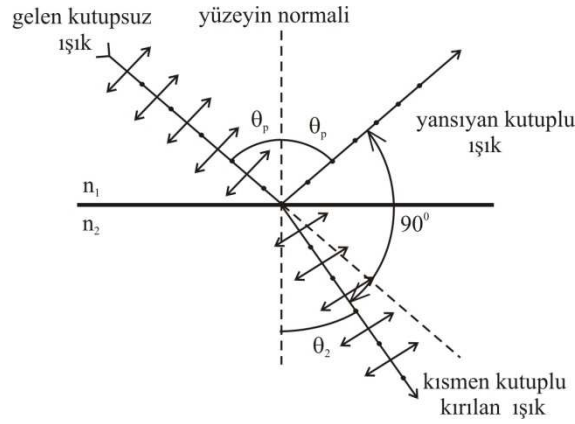
2. Yansıma ile Polarizasyon

Yansıma ile de kutuplanmış ışık elde edilebilir. Kutuplanmamış bir ışık demeti bir yüzeyden yansıdığı anda; yansıyan ışık, geliş açısına bağlı olarak, ya tamamen kutuplanır, ya kısmen kutuplanır veya kutuplanmaz. Eğer gelme açısı 0° veya 90° ise yansımış demet kutuplu değildir. Fakat geliş açısının ara değerleri için, yansımış ışık bir ölçüde kutuplanır (Şekil 8). Öyle bir geliş açısı değeri vardır ki yansımış ışık **tamamen kutuplanır**.



Şekil 8.

Işık demeti elektrik alanının iki bileşeni ile tanımlanabilir. Bir tanesi yüzeye paralel bileşen, diğeri de birincisine ve ilerleme doğrultusuna dik olan bileşen. Paralel bileşenin diğeri bileşenden daha kuvvetli yansımaya uğradığı bulunmuştur ve kısmen kutuplu bir demet oluşmuştur. Ayrıca, kırılan ışın da kısmen polarize olmuştur.



Şekil 9.

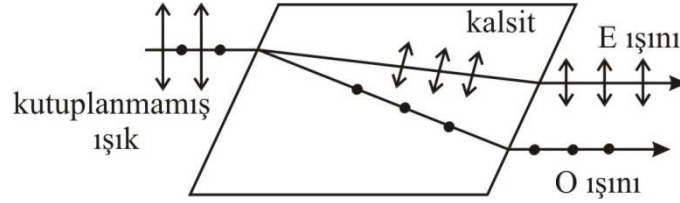
Şimdi geliş açısı θ_1 in 90° ye kadar değiştirildiğini varsayalım. Özel geliş açısında, yansıyan demet tamamen kutupludur ve bu demetin \vec{E} vektörü yüzeye paraleldir. Kırılan demet ise kısmen kutupludur (Şekil 9). Bu özel açıya kutuplanma açısı θ_p denir. Bu olgu bize saydam bir malzemenin kırılma indisini deneysel olarak belirleme imkanı verir. Şekil 9'dan, $n_1 = 1$, $n_2 = n$ ve snell yasası kullanılırsa,

$$n = \frac{\sin(\theta_p)}{\cos(\theta_p)} = \tan(\theta_p)$$

bulunur. Bu eşitliğe **Brewster Yasası** denir. Verilen bir madde için n , dalga boyu ile değiştiğinden Brewster açısı da dalga boyunun bir fonksiyonudur. Ayrıca ek bir bilgi olarak şunu vermek yararlıdır: Bir madde için kırılma indisinin gönderilen ışığın dalga boyu ile değişmesine *dağılma* (dispersiyon) denir. Sanılanın aksine, bir maddenin kırılma indisi sabit değildir. Kullanılan dalga boyu değiştiğinde değişim gösterecektir.

3. Çift Kırılma ile Kutuplanma

Işık cam gibi amorf bir maddeden geçerken bütün yönlerde aynı hızda hareket eder. Yani, cam tek bir kırılma indisine sahiptir. Ancak, bazı kristalik maddelerde (kalsit ve kuartz) ışığın hızı bütün yönlerde aynı değildir. Bu tür maddeler iki tane kırılma indisi ile karakterize edilirler. Bundan dolayı çift-kırıcı maddeler olarak bilinirler. Polarize olmamış bir ışık demeti kalsit kristaline girdiğinde, iki tane düzlem polarize demete ayrılır (Şekil 10). Farklı hızlarda hareket eden demetler, farklı kırılma açılarına karşılık gelir.

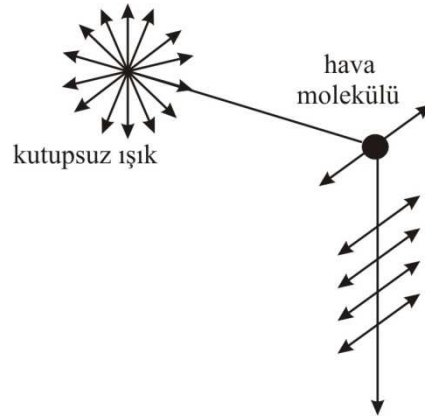


Şekil 10.

İki ışın, noktalar ve oklarla belirtildiği gibi birbirine dik yönlerde polarize olurlar. Işınlardan birine olağan (O) ışın denir ve bütün yönlerde aynı n_o kırılma indisi ile karakterize edilir. Bunun anlamı, eğer noktasal bir ışık kaynağı kristalin içine yerleştirilmiş olsaydı, olağan dalgalar kaynaktan küre şeklinde yayılacaktı. Diğer ışına olağandışı (E) ışın denir ve farklı yönlerde farklı hızlarla hareket eder. Dolayısıyla yayılma doğrultusuna göre değişen n_E kırılma indisi ile nitelenir. Bu tür bir kristal içerisindeki noktasal ışık kaynağı eliptik kesitli dalga cephesine sahip dalgalar yayar.

4. Saçılma ile Polarizasyon

Işık, gaz gibi bir parçacıklar sistemine girdiğinde, ortamdaki elektronlar ışığın bir kısmını soğurup sonra tekrar yayarlar. Işığın ortam tarafından soğurulmasına ve tekrar yayınlanmasına *saçılma* denir. Bu, dünyadaki bir gözlemciye tepeden ulaşan güneş ışığının kısmen polarize oluşu nedenidir.

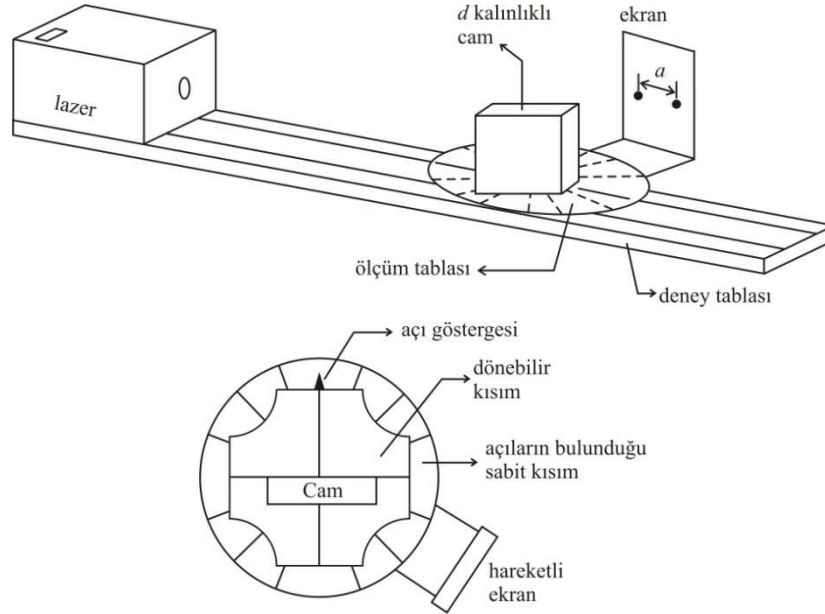


Şekil 11.

Şekil.11 güneş ışığının kısmen nasıl kutuplandığını göstermektedir. Kutuplanmamış ışık demeti hava molekülüne çarptığında, molekül elektronlarında titreşim oluşturur. Gelen dalgaın elektrik alan vektörünün yatay bileşeni yüklerin yatay olarak titreşmesine, düşey bileşeni de yüklerin düşey titreşimine neden olur. Yatay polarize olmuş dalga yüklerin yatay hareketlerinin bir sonucudur; düşey polarize dalga da yüklerin düşey hareketlerinin bir sonucudur.

DENEYLER

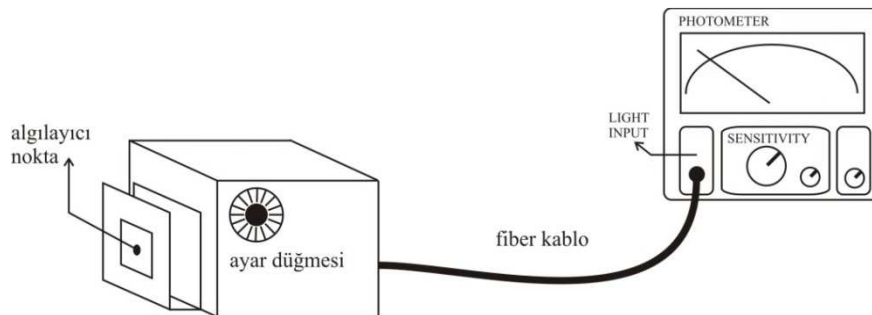
1. Çok Katlı Yansıma: Lazeri ve ölçüm tablasını deney tablası üzerine Şekil 12’de olduğu gibi yerleştiriniz. Ölçüm tablasının açı göstergesini sıfıra getiriniz. Kalın cam malzemeyi ölçüm tablası üzerine Şekil 12’deki gibi yerleştiriniz. Lazeri arka kısmındaki ON-OFF anahtarı yardımıyla açınız. Ölçüm tablasını cam malzemeyi yerinden oynatmadan dönebilir kısmı yardımıyla döndürünüz ve ekran üzerinde iki adet kırmızı nokta (çok katlı yansıma) gözleyiniz. Bu durumda açı göstergesi gelme açısının değerini verir. 20° , 30° , 45° , 60° , 75° lik gelme açılarında ekran üzerinde oluşan iki kırmızı nokta arasındaki a mesafesini ölçünüz. Açıyı değiştirerek bu işlemi Her bir açı değeri için, çok katlı yansıma denklemini kullanarak camın kırılma indisini hesaplayınız. Daha sonra hesapladığınız kırılma indislerinin ortalamasını alarak kırılma indisi için ortalama bir değer elde ediniz.



Şekil 12. Lazer, deney tablası ve ölçüm tablasının yerleştirilmesi. Ölçüm tablasının özellikleri

2. İç Tam Yansıma: 45-45-90 prizmayı, lazer kaynağının önüne, Şekil 3a ve 3b’deki gibi yerleştiriniz (Şekil 3a, 3b). Yukarıdan bakarak lazer ışığını cam içinde görmeye çalışınız. Gözlemlerinizi yorumlayınız?

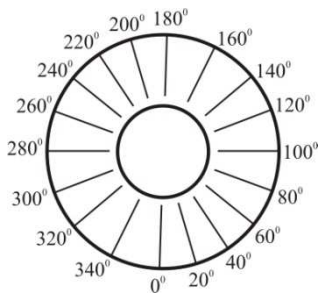
3. Kutuplanma: Lazeri ve fotometrenin alıcısını deney tablası üzerine karşılıklı olarak yerleştiriniz. Lazer ışığının ayar düğmesi yardımıyla alıcının odağına düşmesini sağlayınız ve bu durumda ışığın şiddetini ölçünüz.



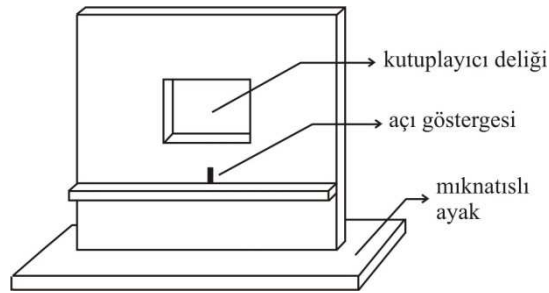
Şekil 13. Fotometre (Photometer). Işık şiddetini ölçmeye yarar. Öncelikle lazer ışığı algılayıcı nokta üzerine net bir şekilde düşürülmelidir. Bunun için ayar düğmesi kullanılır. Çok yüksek veya çok düşük ışık şiddetleri ölçülürken “SENSITIVITY” düğmesinin çarpanı büyük önem taşır. Eğer çarpan büyük bir değerde ise, düşük ışık şiddetleri ölçülemeyecektir. Bu nedenle, deney esnasında ölçüm yapılabilecek çarpan değerleri seçilmelidir.

Düşük şiddetler için düşük çarpanlar, büyük şiddetler için büyük çarpanlar kullanılmalıdır. Sağlıklı ölçümler almak için, çarpan değeri öyle ayarlanmalıdır ki, ölçüm ibresinin ekranın uçlarında değil orta kısımlarında bir yerlerde kalsın. Işık şiddeti hesaplanırken, ekrandan okunan değer SENSITIVITY çarpanıyla çarpılır.

- Tutucu ayak yardımıyla lazer ve alıcı arasına 90° lik kutuplayıcı yerleştiriniz (kutuplayıcı ve tutucu ayak için Şekil 14'e bakınız). Işığın şiddetini kaydediniz. Kutuplayıcı koyduğunuzda şiddette bir değişim oldu mu? Bu durumu açıklayınız?
- Kutuplayıcının açısını 0° olarak ayarlayınız. Işığın şiddetini kaydediniz. Kutuplayıcı koyduğunuzda şiddette bir değişim oldu mu? Bu durumu açıklayınız?
- Kutuplayıcının açısını 180° olarak ayarlayınız. Ölçtüğünüz şiddeti 0° lik kutuplayıcı durumuyla karşılaştırınız. Sonuçlara dayanarak, bir kutuplayıcının geçirme ekseninin "ok" gibi bir doğrultusu olduğu söylenebilir mi?



a) Kutuplayıcı



b) Tutucu ayak

Şekil 14. Kutuplayıcı ve tutucu ayak. Kutuplayıcı, saydam kısmı tutucu ayak üzerindeki deliğe denk gelecek şekilde tutucu ayak üzerine yerleştirilir. Tutucu ayak mıknatıslı özelliğe sahiptir. Açı göstergesi, kutuplayıcının açı değerini vermektedir.

4. Sönme ve Şiddet Değişimi: Lazer ve alıcı arasına biri 0° lik, diğeri keyfi açılı iki adet kutuplayıcı yerleştiriniz. Alıcıyı 0° lik kutuplayıcıdan sonra yerleştirerek şiddeti ölçünüz. Daha sonra, alıcıyı 2.kutuplayıcıdan sonra yerleştiriniz. 0° lik kutuplayıcının açı değerini sabit tutarak, diğer kutuplayıcının açısını değiştiriniz (kutuplayıcıyı döndürünüz) ve şiddet değerlerini kaydediniz. Şiddetin hangi açı değerinde sıfır olduğunu belirleyiniz. Şiddetin neden sıfır olduğunu açıklayınız.

5. Üç Kutuplayıcı Deneyi: Lazer ve alıcı arasına sırasıyla 0° lik ve 90° lik iki kutuplayıcı yerleştiriniz. Daha sonra bu iki kutuplayıcının arasına keyfi açılı üçüncü bir kutuplayıcıyı yerleştiriniz ve şiddetin kısmen de olsa geçtiğini gözleyiniz. Araya yerleştirilen kutuplayıcının hangi açı değeri için şiddetin maksimum olduğunu bulunuz. Bu durumu teorik hesaplamalarla açıklayınız?

6. Brewster Kanunu: Lazer ışığını 90° lik bir kutuplayıcı ile kutuplayınız ve deneyin birinci kısmında olduğu gibi kalın cam levhayı kutuplanmış ışının önüne yerleştiriniz (Şekil 12).

Camı döndürerek yansıyan ışınların her ikisinin de kaybolduğu bir konum bulunuz ve gelme açısını ölçünüz. Bu açı değerinde ışığın kutuplanması nasıldır, açıklayınız. Brewster kanunu'ndan faydalanan camın kırılma indisini hesaplayınız. Çok katlı yansıma kısmında bulduğunuz değerle karşılaştırınız. Lazer ışığını niçin 90° ile kutupladığınızı açıklayınız?

DENEY 5

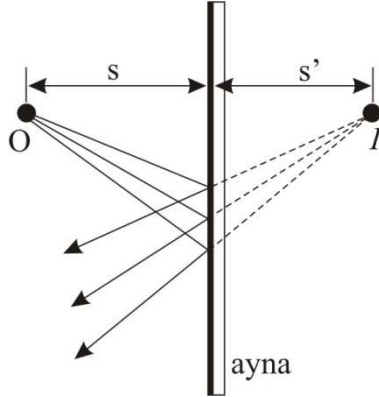
TEMEL OPTİK DENEYLERİ

Amaç: Düzlem, çukur ve tümsek aynalarda görüntü oluşumunu incelemek

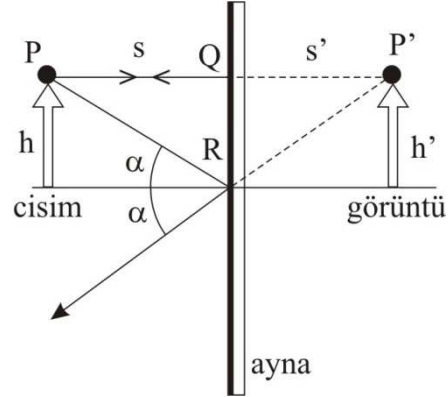
Yansıma Kanunları:

1. Gelen ışın, normal ve yansıyan ışın aynı düzlemindedir.
2. Gelen ışığın normalle yaptığı açı, yansıyan ışığın normalle yaptığı açıya eşittir.

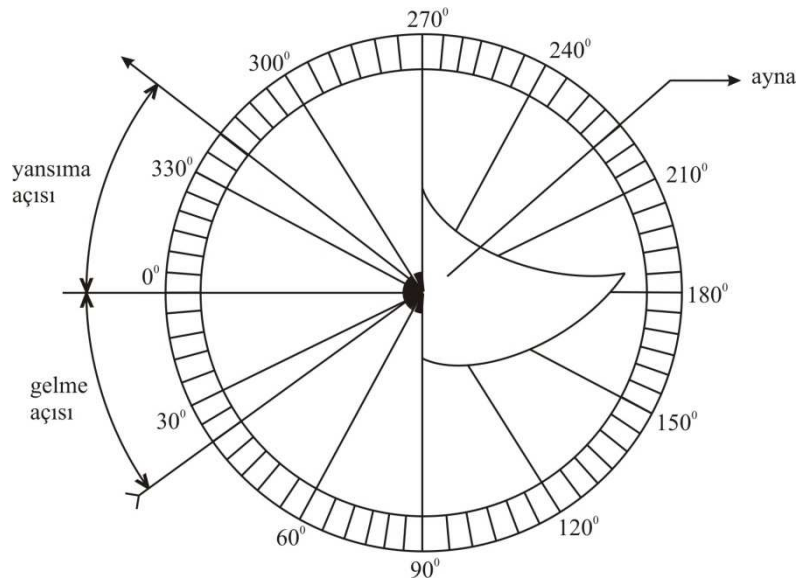
Düzlem aynada görüntü sanal (zahiri) dır. Cismin aynaya uzaklığı, görüntünün aynaya uzaklığına eşittir (Şekil 1a). Görüntünün boyu, cismin boyuna eşittir (Şekil 1b). Görüntü sağ-sol terslenmesine sahiptir.



Şekil 1a. $s = s'$



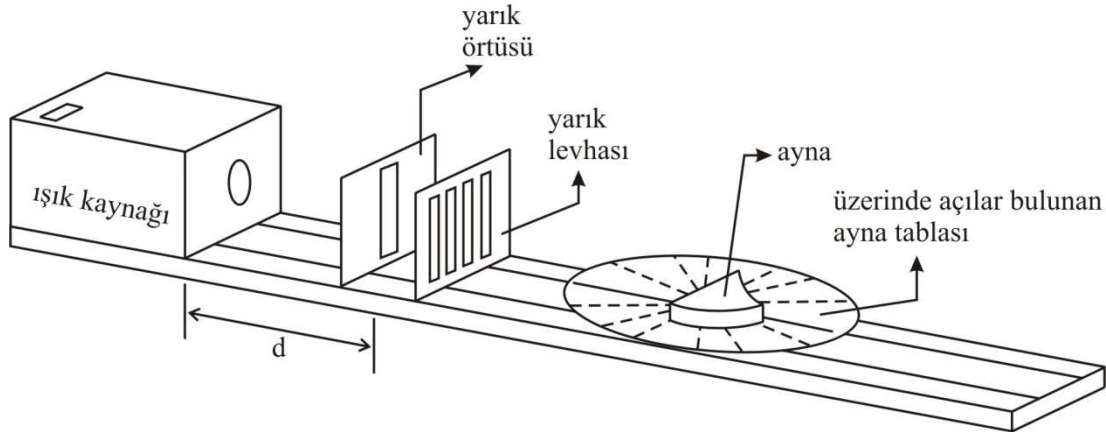
Şekil 1b. $h = h'$



Şekil 2. Ayna tablasının üstten görünümü. Gelme ve yansıma açılarına dikkat ediniz.

Deneyin Yapılışı:

1. Şekil 3'teki düzeneği kurunuz.



Şekil 3. Deney düzeneği

Işık kaynağını çalıştırınız. d , mesafesini artırarak veya azaltarak ışık ışınlarının genişliklerini ayarlayınız. Işık ışınlarının genişliklerinin küçük olması ölçümlerin daha hassas olmasını sağlayacaktır. Yarıklı örtüsünü yarıklı levhası üzerinde sağa-sola hareket ettirerek tek bir ışın elde ediniz. Ayna aparatını düzlemsel kısmı ışık kaynağına dik bakacak şekilde Şekil 2'deki gibi yerleştiriniz. Ayna tablasını döndürerek, aşağıdaki tabloda verilen gelme açısı değerlerinde yansıma açılarını ölçünüz ve tabloya not ediniz (Şekil 2, açı ölçümlemlerinde size yardımcı olacaktır).

Gelme Açısı	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
Yansıma Açısı							

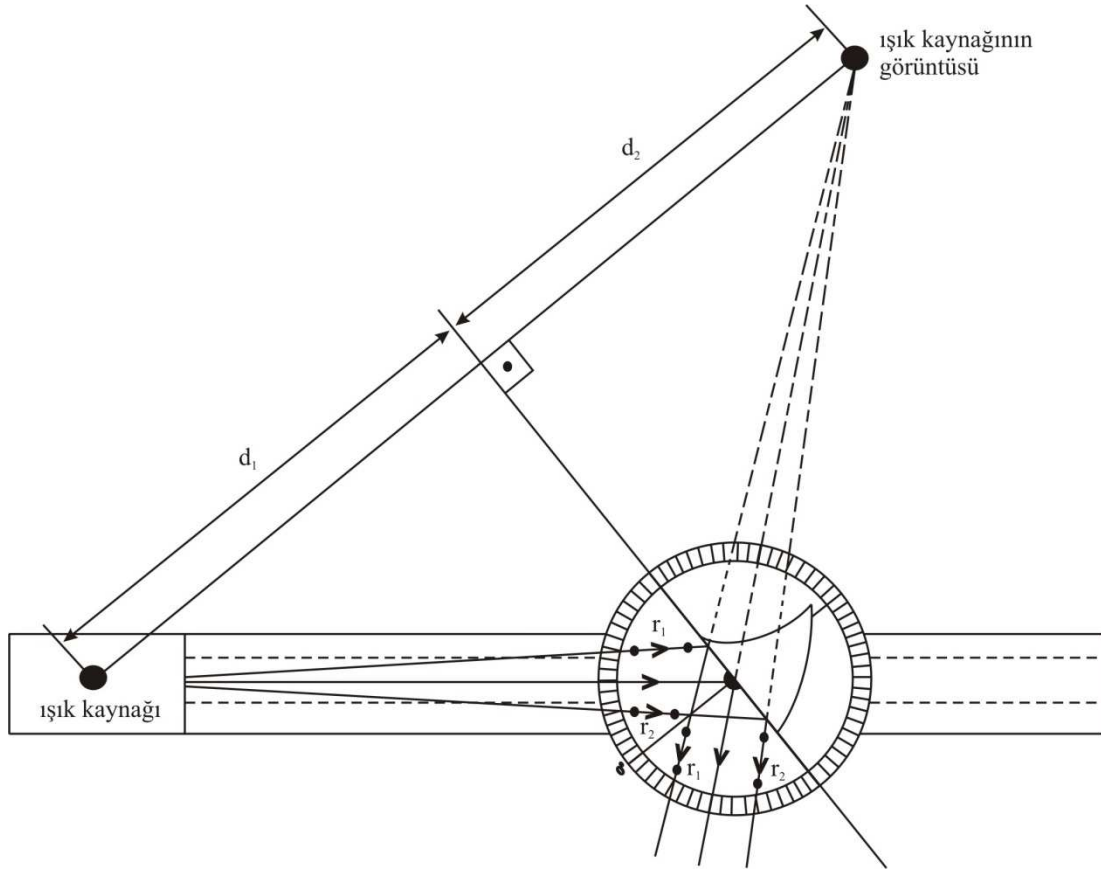
a) I.yansıma kanununu tartışınız?

b) Işık bir yüzeyden yansımaya uğrayınca, gelme açısı ile yansıma açısı arasında nasıl bir ilişki vardır. Bu ilişki ışığın dalga doğası göz önüne alındığında bütün dalgalar için geçerli midir?

2. Ayna tablasının üstüne beyaz bir kağıt yerleştiriniz ve yarıklı örtüsünü kaldırınız. Ayna aparatını çukur kısmı ışık kaynağına bakacak şekilde beyaz kağıdın üzerine yerleştiriniz. Gelen ve yansıyan ışınların en az iki noktasını ve aynanın yerini beyaz kağıt üzerine işaretleyiniz. Beyaz kağıdı kaldırınız ve işaretlediğiniz noktalar yardımıyla kağıt üzerinde gelen ve yansıyan ışınları çizin. Aynanın odak uzaklığını belirleyiniz.

3. 2.adımda yaptığınız işlemleri ayna aparatının tümsek kısmı ile tekrarlayınız. Yansıyan ışınlar belirli bir noktada toplanıyor mu? Yansıyan ışınların uzantılarını birleştiriniz ve aynanın odak uzaklığını belirleyiniz. Yansıyan ışınların değil, uzantılarının birleşiyor olması görüntünün hangi özelliğini gösterir?

4. Ayna tablasının üstüne, gelen ve yansıyan ışınları çizebileceğiniz büyüklükte bir beyaz kağıt yerleştiriniz. Ayna aparatının düzlemsel kısmını kullanınız ve tablayı uygun bir yansıma verecek şekilde döndürünüz. Işınlar aynaya doğru, doğrusal bir yol mu izliyor. Bir kurşun kalemle gelen ve yansıyan ışınların en az iki noktasını ve aynanın yerini işaretleyiniz. Şekil 4'teki yapıyı oluşturunuz.



Şekil 4.

d_1 ve d_2 mesafelerini belirleyiniz ve sonucunuzu yorumlayınız?

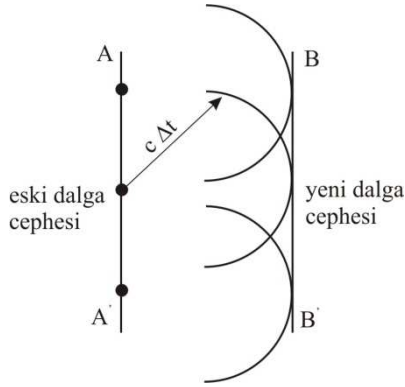
DENEY 6

IŞIĞIN KIRINIMI VE GİRİŞİMİ

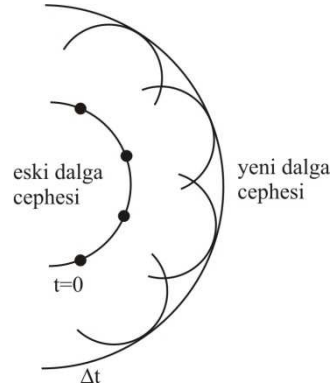
Amaç: Kırınım ve girişim olayları hakkında bilgi sahibi olmak. Işığın tek yarıktaki kırınımını, çift yarıktaki girişimini gözleyerek, ışık kaynağının dalgaboyunu hesaplamak. Michelson interferometresinin nasıl çalıştığını öğrenmek ve kullanılan lazerin dalgaboyunu belirlemek.

Huygens Prensibi

Bu prensibe göre, daha önce gelen dalga cephesi biliniyorsa, herhangi bir anda yeni dalga cephesinin konumu belirlenebilir. *Verilen bir dalga cephesindeki bütün noktalar, dalgacıklar olarak adlandırılan küresel, ikincil dalgaları oluşturan birer noktasal kaynak olarak görev yaparlar.* Bu noktalar söz konusu ortamdaki dalgaların karakteristiği olan hızlarda dışa doğru yayılırlar. Belirli bir süre sonra dalga cephesinin yeni konumu dalgacıkların yüzey teğetidir.



Şekil 1a.



Şekil 1b.

Şekil 1a ve 1b'de Huygens yapısının iki basit örneği görülmektedir. Şekil 1a'da AA' dalga cephesine sahip düzlem dalga c hızıyla yayılmaktadır. Bu dalga cephesindeki her bir nokta, dalgacıkları oluşturan bir nokta kaynağı gibi dikkate alınır. Δt zaman sonra dalga cephesi, $c\Delta t$ yarıçaplı dalgacıkların yüzey teğeti olacaktır. Şekil 1b'de küresel dalga durumu gösterilmiştir.

Işığın Girişimi

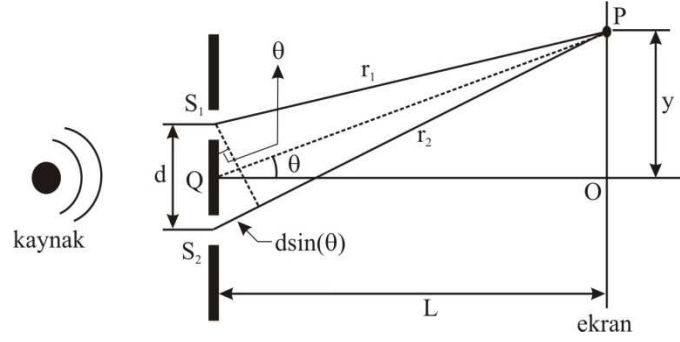
Işığın kararlı bir girişim gözleyebilmek için şu şartlar sağlanmalıdır.

1. Kaynaklar koherent (eş fazlı) olmalıdır. Birbirlerine göre sabit fazı korumalıdır veya aralarındaki faz ilişkisi zamanla değişim göstermemelidir.
2. Kaynaklar tek renkli (tek dalgaboylu) olmalıdır.
3. Üst-üste binme (süper-pozisyon) ilkesi uygulanabilmelidir.

Sonlu sayıda kaynağın katkılarının üst-üste binmesiyle elde edilen genlik veya şiddet desenine *girişim deseni* denirken, kaynakların sayısı *sonsuz* olduğunda elde edilen desene *kırınım deseni* denir.

Çift Yarıktaki Girişim

Bir ışık kaynağının önüne aralarında d uzaklığı olan bir çift yarık yerleştirildiğinde, her bir yarık bir ışık kaynağı gibi davranır ve aralarında sabit bir faz ilişkisi vardır. Bu nedenle, ekranda karanlık ve aydınlık saçaklardan oluşan bir girişim deseni meydana getirirler.



Şekil 2. Çift yarıktaki girişim

Çift yarık deneyinin geometrik gösterimi Şekil 2’de verilmiştir. Yarıklardan L kadar uzağa yerleştirilmiş ekran üzerindeki P noktasında ışık şiddeti, her iki yarıktan gelen ışığın bileşkesidir. Alt yarıktan çıkan dalga, üst yarıktan çıkan dalgaya göre $d \sin \theta$ kadar daha fazla yol kat eder. Buna optik yol farkı δ denir ve

$$\delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta$$

ile verilir. Bu eşitlik r_1 ve r_2 nin paralel olduklarını varsayar. L’nin d’den çok büyük olduğu kabul edildiğinden yapılan bu yaklaşım oldukça doğrudur. δ nın değeri, P noktasında dalgaların aynı fazda olup olmadığını belirler. Eğer δ sıfır veya dalgaboyunun tam katları ise, P deki iki dalga aynı fazdadır ve yapıcı girişim (aydınlık saçak) gözlenir. δ dalga boyunun yarı katları ise, P noktasındaki iki dalga arasında 180° faz farkı vardır ve yıkıcı girişim (karanlık saçak) meydana gelir.

$$\delta = d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

$$\delta = d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

Girişim deseninde $m=0$ ile indislenen saçak, merkezî saçaktır ve aydınlıktır.

Ayrıca, (1) veya (2) denklemi kullanılarak, d mesafesi bilinen bir yarık yardımıyla ışık kaynağının dalga boyu deneysel olarak hesaplanabilir. $L \gg d$ yaklaşımı altında, farklı aydınlık veya karanlık saçakların ekran üzerinde merkez doğrusuna olan uzaklıkları (y) ölçülebilir ve L bilindiğine göre, $\sin \theta \cong \frac{y}{L}$ yazılabilir. Bu durumda $\sin(\theta) - m$ grafiğinin eğimi λ/d ’ye eşittir.

Son olarak, aydınlık saçakların konumları

$$y_{\text{aydınlık}} = \frac{\lambda L}{d} m \quad (3)$$

karanlık saçakların konumları

$$y_{\text{karanlık}} = \frac{\lambda L}{d} \left(m + \frac{1}{2}\right) \quad (4)$$

denklemleri ile verilir.

Çift Yarık Girişim Deseninde Şiddet

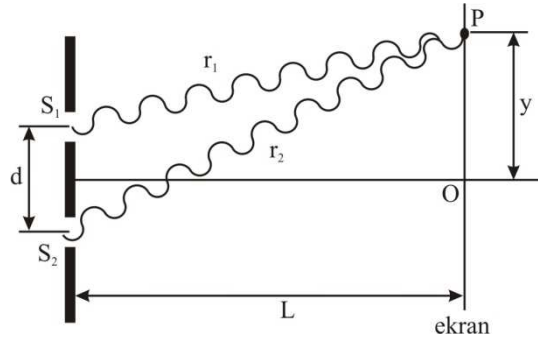
Ekrandaki P noktasında toplam elektrik alan şiddeti, S_1 ve S_2 yarıklarından gelen iki dalganın vektörel olarak üst-üste binmiş durumudur (Şekil 3). İki dalganın aynı E_0 genliğine sahip olduğunu varsayarak, elektrik alan şiddetlerini

$$E_1 = E_0 \sin \omega t \quad E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi)$$

şeklinde yazabiliriz. Yarıklarda dalgalar aynı fazda olmalarına rağmen P noktasında ϕ kadarlık faz farkına sahiptirler. Faz farkı ve yol farkı birbirine

$$\frac{\delta}{\phi} = \frac{\lambda}{2\pi} \quad \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ ve } \delta = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

şeklinde bağlıdır.



Şekil 3.

P noktasındaki bileşke elektrik alan,

$$E_p = E_1 + E_2 = E_0 [\sin(\omega t) + \sin(\omega t + \phi)] = 2E_0 \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \sin\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right)$$

Bir dalga'nın şiddetinin, o noktadaki elektrik alan şiddetinin karesi ile orantılı olduğunu biliyoruz. O halde, P noktasındaki şiddet

$$I \propto E_p^2 = 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \sin^2\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right)$$

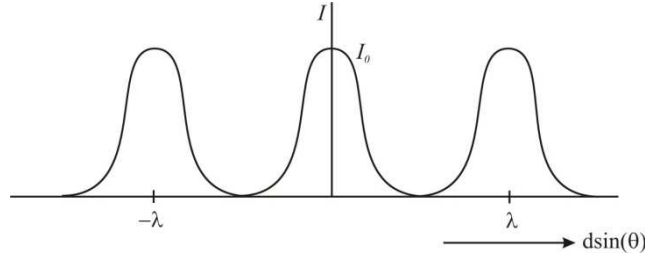
olarak yazılabilir. Birçok ışık algılama cihazı ortalama şiddet ölçtüğünden, P noktasındaki ortalama şiddet ile ilgileniyoruz,

$$I_{ort} = I_0 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}\right) \text{ burada } I_0 = 4E_0^2$$

θ nın küçük değerleri için $\sin \theta \cong y/L$ olduğundan,

$$I_{ort} = I_0 \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda L} y\right)$$

buluruz.



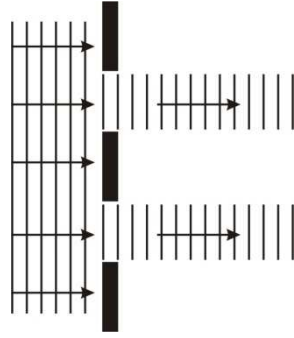
Şekil 4. $L \gg d$ durumunda çift yarık şiddet dağılımının $d \sin \theta$ ya göre değişimi.

Görüleceği gibi şiddet deseni periyodiktir ve maksimumların şiddetleri aynıdır

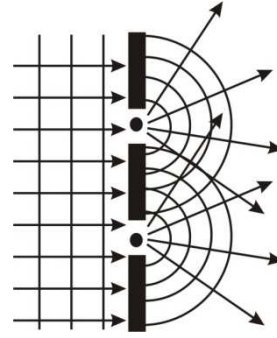
Işığın Kırınımı

Işığın geliş doğrultusundan ayrılması *kırınım* olarak tanımlanır ve dalgalar küçük aralıklardan, engeller veya keskin kenarların yakınlarından geçtiğinde oluşur.

Bir ışık demetinin çift yarık üzerine geldiğini varsayalım. Eğer ışık gerçekten yarıkları geçtikten sonra doğrusal bir yol izleseydi (Şekil 5a), dalgalar kesişmeyecek ve hiçbir girişim deseni gözlenmeyecekti. Halbuki, Huygens ilkesi yarıklardan çıkan dalgaların Şekil 5b'deki gibi yayılmalarını gerektirir.



Şekil 5a.

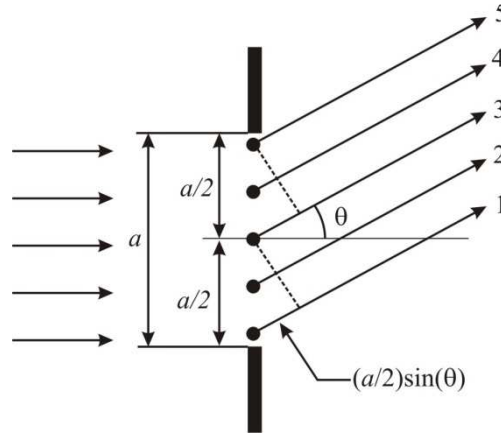


Şekil 5b.

Ayrıca, dalga boyuna ve yarık genişliğine bakılarak kırınım olayının gerçekleşip gerçekleşmeyeceği belirlenebilir. $\lambda \ll d$ ise kırınım gözlenmez ve ışık doğrultu değiştirmeden yoluna devam eder (Şekil 5a). $\lambda \cong d$ ve $\lambda \gg d$ ise kırınım olayı gözlenir (Şekil 5b).

Tek Yarıкта Kırınım

Huygens ilkesine göre yarığın her kısmı, bir dalga kaynağı gibi davranır ve yarığın bir kısmından çıkan ışık, başka bir kısmından çıkan ışıkla girişim yapabilir.



Şekil 6.

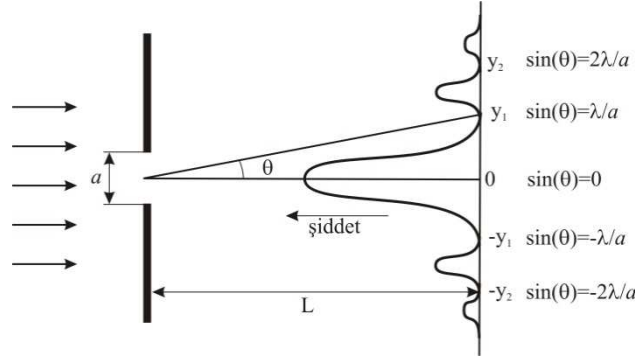
Yarığın altından ve merkezinden çıkan 1 ve 3 ışınlarını ele alalım. Bu iki ışın arasında $(a/2) \sin \theta$ kadar yol farkı vardır. Bu yol farkı dalga boyunun yarı katları ise yıkıcı (söndürücü) girişim meydana gelir.

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$$

düzenlenirse ve diğer ışınlar da göz önüne alınırsa, tek yarık kırınımı için yıkıcı girişim koşulu

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{a} \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (5)$$

olarak bulunur. Bu denklem karanlık saçakların olduğu yerleri verirken, kırınım desenine ait şiddet dağılımı hakkında herhangi bir şey söylemez (Şekil 7). Ayrıca (5) denklemi kullanılarak a mesafesi bilinen bir yarık yardımıyla ışık kaynağının dalga boyu deneysel olarak hesaplanabilir. $L \gg d$ yaklaşımı altında, farklı karanlık saçakların ekran üzerinde merkez doğrusuna olan uzaklıkları (y) ölçülebilir ve L bilindiğine göre, $\sin \theta \cong y/L$ yazılabilir. Bu durumda $\sin \theta - m$ grafiğinin eğimi λ/a 'ya eşittir.



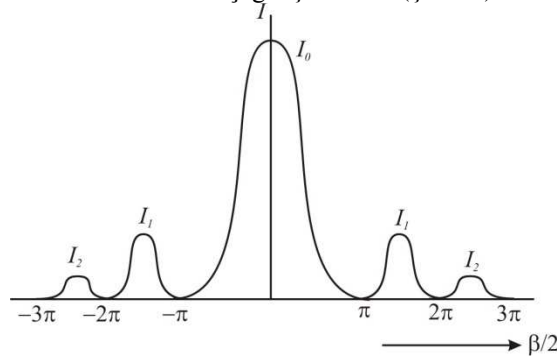
Şekil 7. Tek yarıktaki kırınım

Tek Yarık Kırınım Deseninde Şiddet

θ açısı ile tanımlanan, ekran üzerindeki bir P noktasında şiddet,

$$I_{\theta} = I_0 \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta\right)}{\frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta} \right]^2$$

eşitliği ile verilir. Burada I_0 , $\theta = 0$ daki merkezi saçığının şiddetidir (Şekil 8).

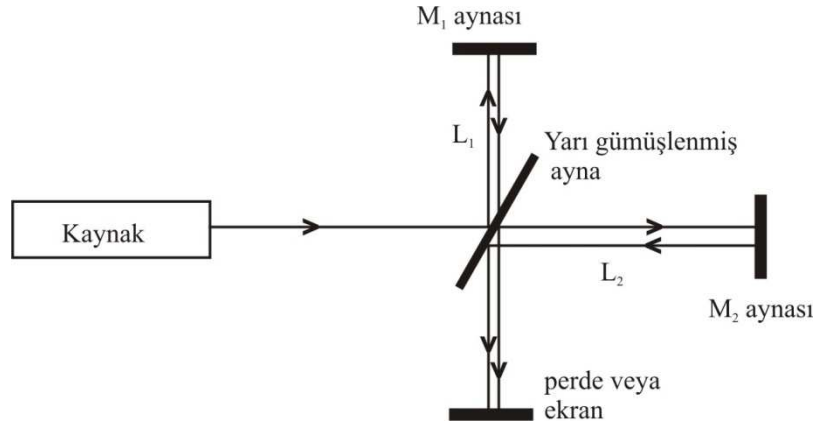


Şekil 8.

Kırınım desenine ait şiddet dağılımı Şekil 8'de verilmiştir. Saçıklar arasında şiddet dağılımı eşit değildir. Merkezi saçaktan uzaklaştıkça aydınlık saçıkların şiddeti giderek azalır.

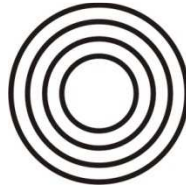
Michelson İnterferometresi

Aygıt; ışık demetini ikiye ayırmakta ve onları farklı yollar kat ettikten sonra birleştirerek girişim deseni oluşturmaktadır. Hassas uzunluk ölçümlerinde kullanılabilmektedir. Tek renkli kaynaktan yayılan ışık demeti, gelen ışına göre 45° lik açı yapan yarı gümüşlenmiş M aynası tarafından ikiye ayrılır. Işınlardan biri düşey doğrultuda M_1 aynasına yansıtılır. II. ışın ise yarı gümüşlenmiş aynayı geçip M_2 aynasına gider. Böylece iki ışın farklı L_1 ve L_2 yollarını kat eder ve aralarında yol farkı oluşur.



Şekil 9. Michelson interferometresi ve ışık ışınlarının izlediği yolların şematik gösterimi.

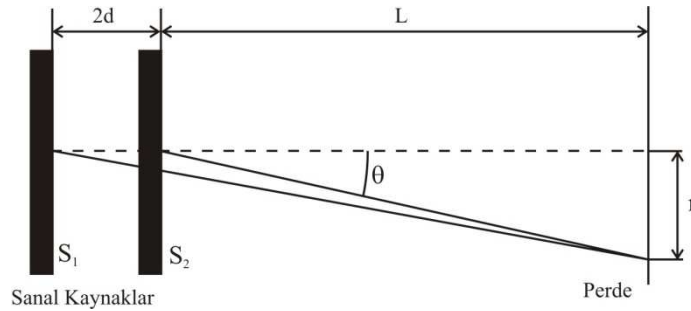
İki ışın M_1 ve M_2 aynalarından yansıdıktan sonra tekrar birleşerek ekranda bir girişim deseni oluşturur. Girişim deseni iç içe geçmiş aydınlık ve karanlık dairelerden oluşur (Şekil 10).



Şekil 10. Michelson interferometresinde ekranda gözlenen girişim deseni

Desenin ortasında karanlık bir daire görünüyorsa, iki ışın söndürücü girişim yapmış demektir. Bu durumda iken M_1 aynası $\lambda/4$ kadar hareket ettirilirse yol farkı $\lambda/2$ kadar değişir. O zaman iki ışın yapıcı girişim yapar ve ortada parlak bir daire oluşur. M_1 aynası tekrar $\lambda/4$ kadar hareket ettirilirse ortada karanlık daire oluşur. Böylece, M_1 her $\lambda/4$ kadar hareket ettirildiğinde ard arda karanlık ve aydınlık daireler görürüz. Buradan M_1 'in verilen bir yer değiştirmesi için kayan saçakları sayarak dalga boyunu ölçebiliriz.

Aynalar Şekil 11'de görülen konumlarda iken bir noktasal kaynağın iki sanal görüntüsünü verirler.



Şekil 11. Michelson interferometresinde kaynaklar ve yol farkının şematik gösterimi

S_1 ve S_2 kaynaklarından gelen ışınların yapıcı girişim verebilmeleri için

$$2d \cos \theta = n\lambda$$

olması gerekir. Perdenin yeterince uzak olması durumunda küçük açı yaklaşımı yapılabilir ve $\cos \theta \cong 1 - \frac{r^2}{2L^2}$ yazılabilir. Böylece girişim saçaklarının yarıçapları,

$$2d \left(1 - \frac{r_n^2}{2L^2}\right) = n\lambda \quad (6)$$

olur. (6) denkleminde, ardışık iki aydınlık halkanın yarıçapları arasındaki fark

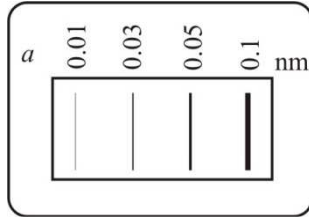
$$r_{n+1}^2 - r_n^2 = \frac{\lambda L^2}{d} \quad (7)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklem yardımıyla, ardışık yarıçaplar, perde mesafesi ve yol farkı ölçüldüğünde, kaynağın dalga boyu deneysel olarak hesaplanabilir.

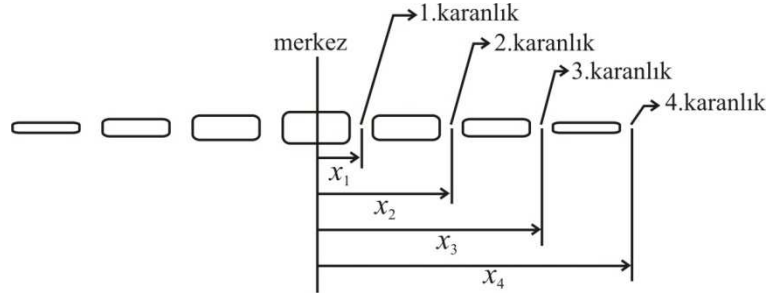
Yukarıda verilmiş olan teorik bilgiler DENEY 7 ve DENEY 8'in ilgili kısımlarında rahatlıkla kullanılabilir. DENEY 6-7-8 arasındaki tek fark, kullanılan dalga kaynaklarının (dalgaın dalga boylarının) farklı olmasıdır.

DENEYLER

1. Tek Yarıktaki Kırınım: Lazer demetini genişliği bilinen bir tek yarığa (Şekil 12) yöneltiniz ve kırınım desenindeki şiddet **minimumlarının** (karanlıkların) merkezi çizgiye olan uzaklıklarını x_n ölçünüz (Şekil 13'e bakınız). Bunlara karşılık gelen $\tan(\theta_n)$ değerlerini $\tan(\theta_n) = x_n/L$ bağıntısı ile belirleyiniz (L, tek yarık ve perde arasındaki mesafedir). Buradan $\sin(\theta_n)$ değerlerini hesaplayınız ve $\sin(\theta_n) - n$ grafiğini çizin. Bu grafik bir doğrudur ve eğimi λ/a ya eşittir. Yarığın genişliği a bilindiğine göre lazerin dalga boyunu hesaplayınız. Ayrıca, lazerin dalga boyunu biliyorsanız, benzer şekilde yarık genişliğini de hesaplayabilirsiniz.

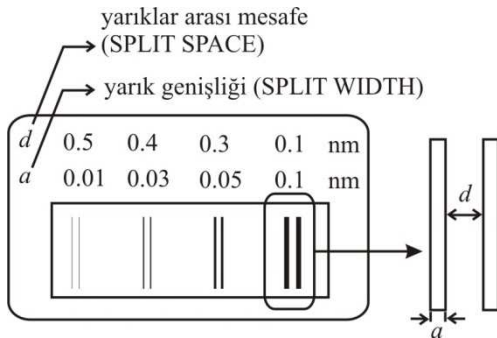


Şekil 12. Tek yarık aparatı

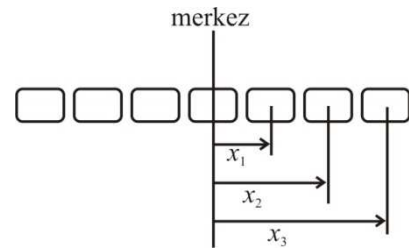


Şekil 13. İdeal kırınım deseni

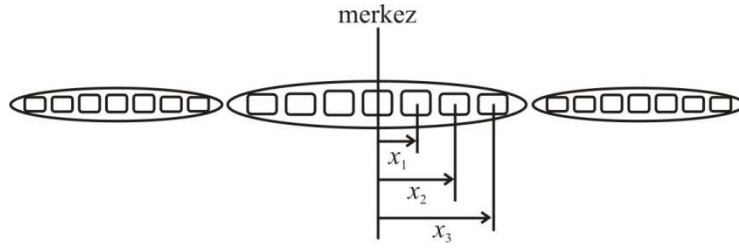
2. Çift Yarıktaki Girişim: Lazeri d mesafesi bilinen çift yarık sistemine (Şekil 14) yöneltiniz ve girişim desenini gözleyiniz. İdeal girişim deseni Şekil 15'teki gibi olması gerekirken, deneyde Şekil 16'daki gibi bir girişim deseni göreceksiniz. Bunun nedenini açıklayınız. Birinci adımda yaptıklarınıza benzer şekilde (Şekil 16'dan yararlanarak) şiddet **maksimumlarının** (aydınlıkların) merkezi çizgiye olan uzaklıklarını x_n ölçünüz ve $\sin(\theta_n)$ değerlerini hesaplayınız. $\sin(\theta_n) - n$ grafiğini çizin. Bu grafik bir doğrudur ve eğimi λ/d ye eşittir. Yarıklar arası d mesafesi bilindiğine göre lazerin dalga boyunu hesaplayınız. Gözlediğiniz girişim deseninin yarıklar arası d uzaklığına ve yarıkların genişliğine nasıl bağlı olduğunu, en az iki farklı çift yarık sistemi kullanarak gözleyiniz, sonuçlarınızı ifade ediniz.



Şekil 14. Çift yarık aparatı

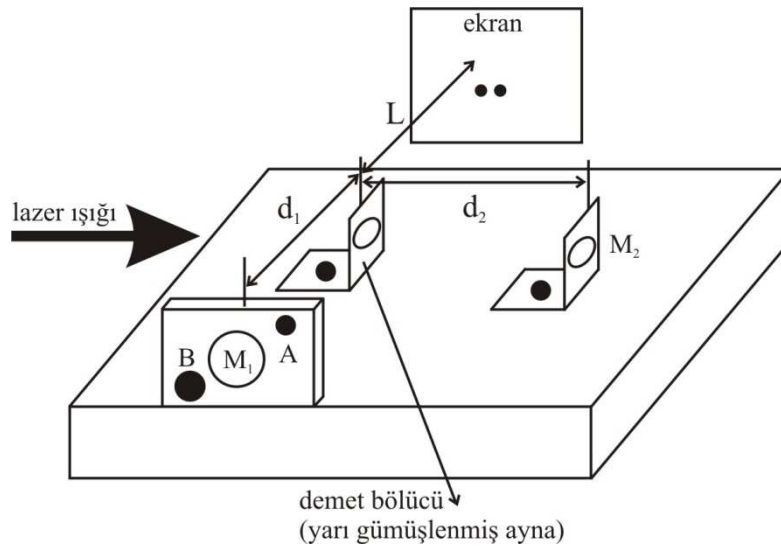


Şekil 15. İdeal çift yarık girişim deseni



Şekil 16. Deneyde gözlenen girişim deseni

3. Michelson İnterferometresi: Şekil 17'deki yapıyı oluşturunuz. Lazerin ve interferometre yüzeyinin birbirine paralel olmasını sağlayınız. Bunun için lazerin veya interferometrenin yükseklik vidalarını kullanınız. Uygun durum sağlandığında lazer ışığı kendi üzerinden geri yansıyacaktır.



Şekil 17. Michelson interferometresi

Demet bölücünün yönelimini 45° olarak ayarlayınız ve gelen lazer ışığının ikiye bölünerek M_1 ve M_2 aynalarına gittiğini gözleyiniz. Bu durumda ekranda iki parlak leke göreceksiniz. M_1 aynasının yanında bulunan A ve B vidaları ile bu iki lekeyi üst-üste getiriniz. Lazerin hemen önüne tutucu ayak yardımıyla, lazer ışığını demet bölücü üzerine odaklayacak şekilde ıraksak bir mercek yerleştiriniz. Bu durumda ekranda Şekil 10'daki gibi bir girişim deseni görmelisiniz. Eğer desen görmüyorsanız, iki parlak nokta iyi şekilde üst üste gelmemiş demektir. Bir girişim deseni elde edene kadar A veya B vidalarını çeviriniz. Uygun bir desen elde ettikten sonra, bir cetvelle desenin merkezinden başlayarak gözlediğiniz aydınlık halkaların yarıçaplarını ölçünüz. Yarıçapların karelerini hesaplayınız ve ardışık yarıçap karelerinin farkını alınız ($r_3^2 - r_2^2, r_2^2 - r_1^2$ gibi). Bulduğunuz değerler hemen hemen aynı olmalıdır. Demet bölücünün M_1 aynasına uzaklığını (d_1), ve M_2 aynasına uzaklığını (d_2) dikkatlice ölçünüz. $|d_1 - d_2| = 2d$ ifadesi yardımıyla d 'yi hesaplayınız. Son olarak, demet bölücünün ekrana olan uzaklığını (L) ölçünüz. Verilerinizi kaydediniz ve lazerin dalga boyunu hesaplayınız?

Aşağıda verilen soruları cevaplayınız**SORULAR**

1. Tek yarık ile perde arasındaki bölge suya gömülürse, kırınım deseni nasıl değişir?
 2. Çift yarıktaki girişim deneyinde, önce bir yarığa sonra diğer yarığa ayrı ayrı ışık düşürerek çift yarık deseni elde edilebilir mi, açıklayınız?
 3. Tek yarık deneyinde, lazerin önüne çukur düzlem bir merceğin yerleştirildiğini varsayınız. Öyle ki, ışınlar yarığa açılarak gelsin. Bu durum kırınım desenine nasıl etki eder?
 4. Michelson interferometresinde demet bölücü ayna, demeti iki eşit ışına değil de biri diğerinden daha şiddetli iki ışına ayırıyor olsun. Bunun girişim desenine etkisi nasıldır
-

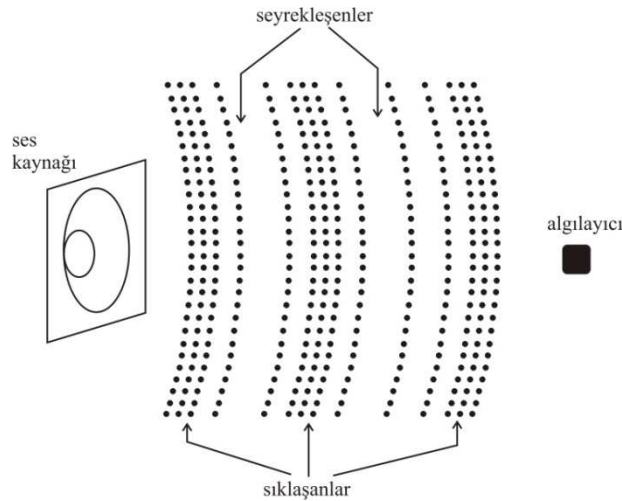
DENEY 7

ULTRASONİK DALGALAR

Amaç: Ultrasonik dalgaların yansımaları, girişimini incelemek ve dalga boylarını hesaplamak, doppler olayını gözlemek, sonar yardımıyla hızlarını bulmak.

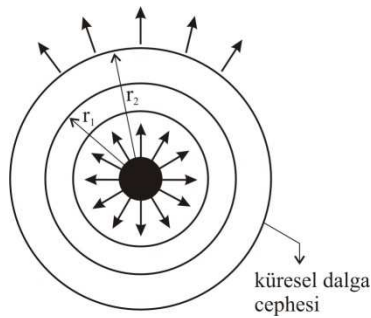
Esnek ortamlarda hareket eden dalgalara *mekanik dalgalar* denir ve bu dalgalar hava, su, katı madde gibi esnek ortamların denge konumu etrafında salınması sonucu oluşur (örneğin, hava içindeki ses dalgaları). Mekanik dalgalar maddenin kendisi yerdeğiştirmeden hareketin yerdeğiştirmesi sonucu oluşurlar ve enerjinin ortam içinde bir noktadan diğerine iletilmesini sağlarlar. Eğer, *mekanik dalgayı taşıyan parçacıkların ileri geri hareketlerinin yönü, dalganın yayılma yönü ile aynı ise dalga boyuna dalgadır (örneğin ses dalgaları)*.

Ses dalgalarının yayıldığı ortamın hava olduğunu varsayalım. Ses kaynağı titreştiğinde, öndeki hava molekülleri sıkışır (yada seyrekleşir), molekül basıncı ve yoğunluğu artar. Sıkışan hava molekülleri ileriye doğru hareket eder ve kendisinden sonraki hava molekülü tabakasını sıkıştırır. Sıkıştırma vurusu ortam boyunca ilerler. Titreşen hava molekülleri dalganın yayılma yönü ile aynı yönde titreşirler. Ses dalgaları, ortamdaki hava moleküllerinin bir noktadan bir noktaya taşınması ile değil, gaz moleküllerinin hareketi birbirine aktarması ile yayılır (Şekil 1). Ayrıntılı bilgi için Deney 2'ye bakınız.

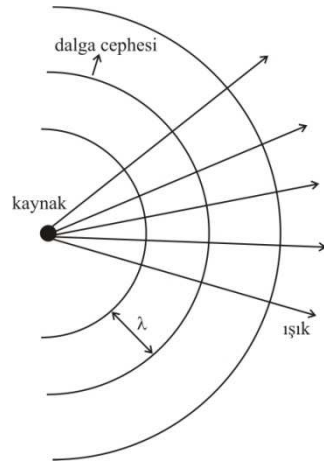


Şekil 1. Ses dalgasının maddesel ortam içinde yayılması

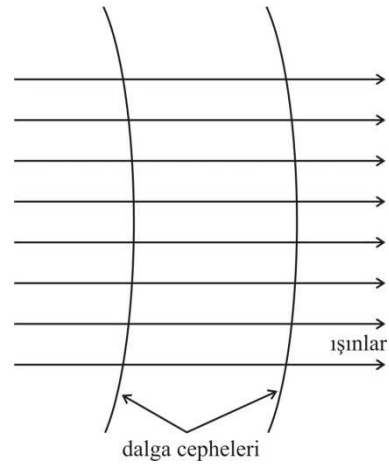
Bir nokta kaynaktan yayınlanan ses dalgalarının yayılması ve bir düzlem dalga haline gelişim adım adım Şekil 2-4'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Titreşen noktasal bir cisimden dışarı doğru ışınsal olarak yayınlanan küresel bir dalga



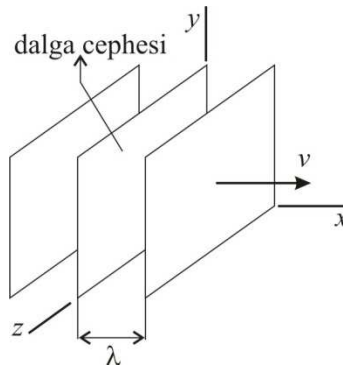
Şekil 3.



Şekil 4.

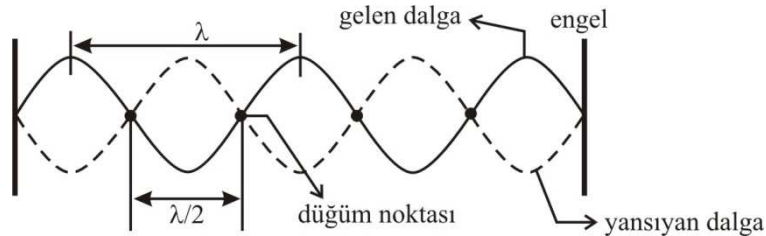
Şekil 3. Bir nokta kaynaktan yayınlanan küresel dalgalar. Dairesel yaylar kaynak ile eş merkezli küresel dalga cephelerini temsil eder. Işıklar, dalga cephelerine dik, kaynaktan dışarıya doğru olan çizgilerdir.

Şekil 4. Bir nokta kaynaktan çok uzaklarda, dalga cepheleri hemen hemen paralel düzlemlerdir ve dalga düzlem dalga halini almıştır. Işıklar düzlemlere diktir.



Şekil 5. Pozitif x -yönünde hareket eden bir düzlem dalga. Dalga cepheleri, yz düzlemine paralel, xz düzlemine dik düzlemlerdir. Şekil, küresel dalgalarla karşılaştırma yapılması açısından verilmiştir.

Ses dalgaları bir engelle karşılaşmadıkları sürece, yukarıdaki şekillerde belirtildiği gibi kaynaktan dışarıya doğru bütün yönlerde yayılırlar. Engelle karşılaştıklarında, geliş doğrultusunda geri yansır ve sonuç olarak yansıyan dalga ile gelen dalga üst-üste binerek belirli koşullarda duran dalga deseni oluştururlar. Genliği sıfır olan noktalara *düğüm noktaları* denir ve bu noktalar durgun olduklarından toplam dalgaya *duran dalga* denir (Şekil 6'ya bakınız). Bir *duran dalga* için *düğüm noktaları* arasındaki mesafe $\lambda/2$ 'ye eşittir.

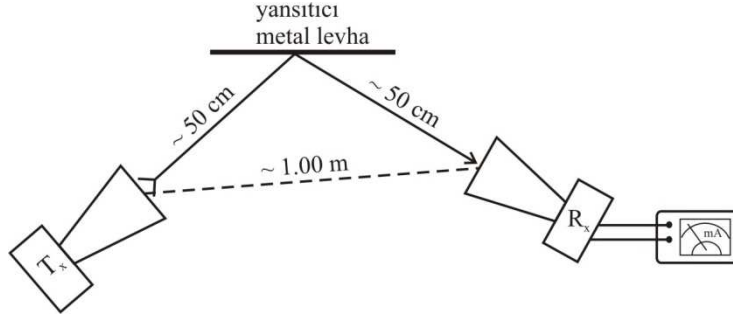


Şekil 6. Duran dalga

Frekansları birbirine yakın iki dalga aynı ortamda yayılıyorsa zaman içinde girişim deseni meydana getirirler. Toplam dalganın genliği sabit olmayıp zamanla değişir. Bu olaya *vuru* adı verilir.

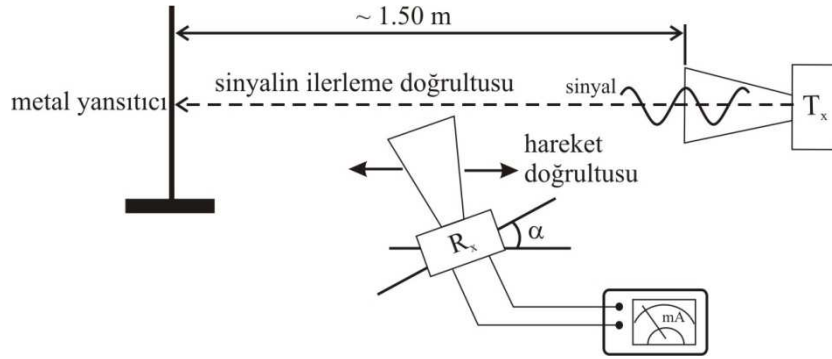
DENEYLER

1. Kalibrasyon: Şekil 7’deki deney düzeneğini kurunuz. Şekilde T_x (verici, transmitter) ses kaynağını, R_x (alıcı, receiver) ses alıcısını temsil etmektedir. T_x ve R_x i arka kısımlarındaki anahtarları açarak çalışır duruma getiriniz (güç adaptörlerini deney masasındaki prizlere takmayı unutmayınız). R_x in kazanç (gain) düğmesini (saat yönünde) sonuna kadar çeviriniz. T_x in “Tune” düğmesini akım ölçer maksimumu gösterene kadar yavaşça çeviriniz. Bu durumda sistem en iyi ölçüm alacak şekilde ayarlanmış olur. Daha sonra, deneyin hiçbir adımında bu ayarlar değiştirilmeyecektir.



Şekil 7.

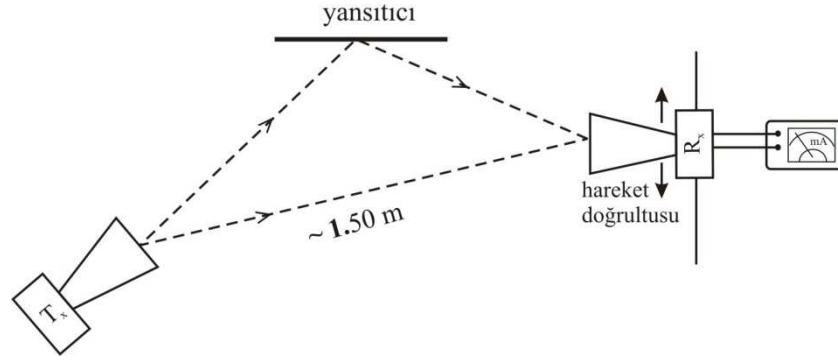
2. Duran Dalga ile Dalga Boyunun Ölçülmesi: Şekil 8’deki düzeneği kurunuz.



Şekil 8.

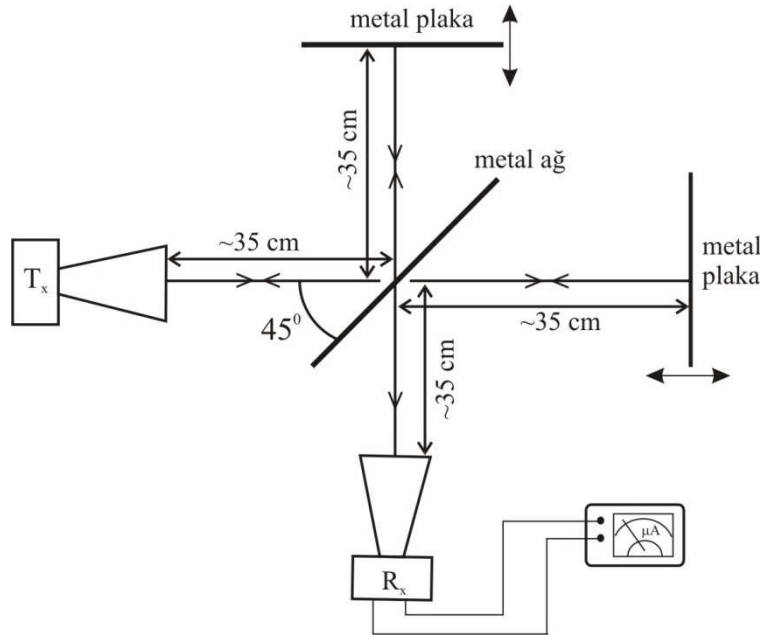
Burada, alıcının demete göre eğim açısı (α) oldukça önemlidir. Eğer alıcı demete dik bir yönetime sahip ($\alpha=0$) olursa sürekli sıfır göreceksiniz, demete paralel yaparsanız ($\alpha=90^\circ$) da sürekli maksimum veya büyük şiddetler göreceksiniz. Ancak uygun bir açısal yönelimle (mesela 45°) duran dalgayı gözleyebilirsiniz. R_x i zemin üzerinde sinyalin ilerleme doğrultusuna paralel bir şekilde yavaşça hareket ettirerek algılanan sinyalin minimum olduğu 8 adet nokta (dügümler) belirleyiniz. Belirlediğiniz noktalar arası mesafeleri ölçüp, ortalamalarını hesaplayınız. Bu değeri $\lambda/2$ ’ye eşitleyerek ultrasonik dalganın dalga boyunu hesaplayınız.

3. Lloyd Aynası: Şekil 9’daki düzeneği kurunuz. Sinyaller algılayıcıya iki yoldan ulaşır ve girişim deseni oluşur. Algılayıcıyı yansıtıcıya dik bir şekilde hareket ettirerek minimum ve maksimum noktaları, başka bir deyişle girişim desenini gözleyiniz. Desenin nasıl oluştuğunu açıklayınız.



Şekil 9. Lloyd aynası

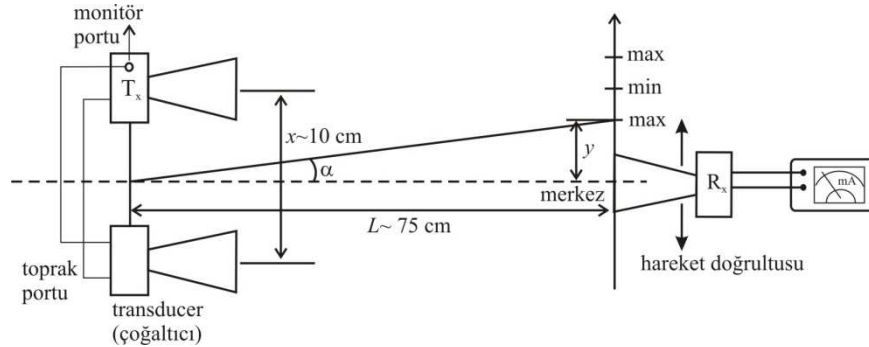
4. Michelson İnterferometresi: Şekil 10'daki düzeneği kurunuz.



Şekil 10. Ultrasonik dalga kaynaklı Michelson interferometresi

Sinyaller algılayıcıya iki farklı yoldan ulaşır. Eğer, metal plakalardan biri sinyal doğrultusunda hareket ettirilirse, maksimumlar ve minimumlar gözlenir. Yansıtıcı yarım dalga boyu hareket ettirilirse, sinyal bir maksimumdan başka bir maksimuma kayar (veya iki sinyal arasında bir tam dalga boyu kadar yol farkı oluşur). Metal plakalardan birini sinyal doğrultusunda yavaşça hareket ettirerek girişim desenini gözleyiniz ve 8 adet maksimumun yerini işaretleyip, 2.adımda olduğu gibi dalga boyunu hesaplayınız.

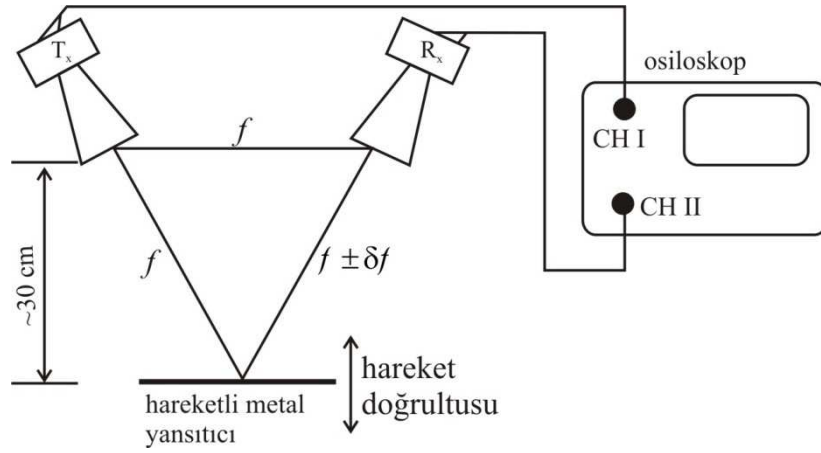
5. Young Deneyi: Şekil 11'deki düzeneği kurunuz.



Şekil 11. Ultrasonik dalgalarda girişim

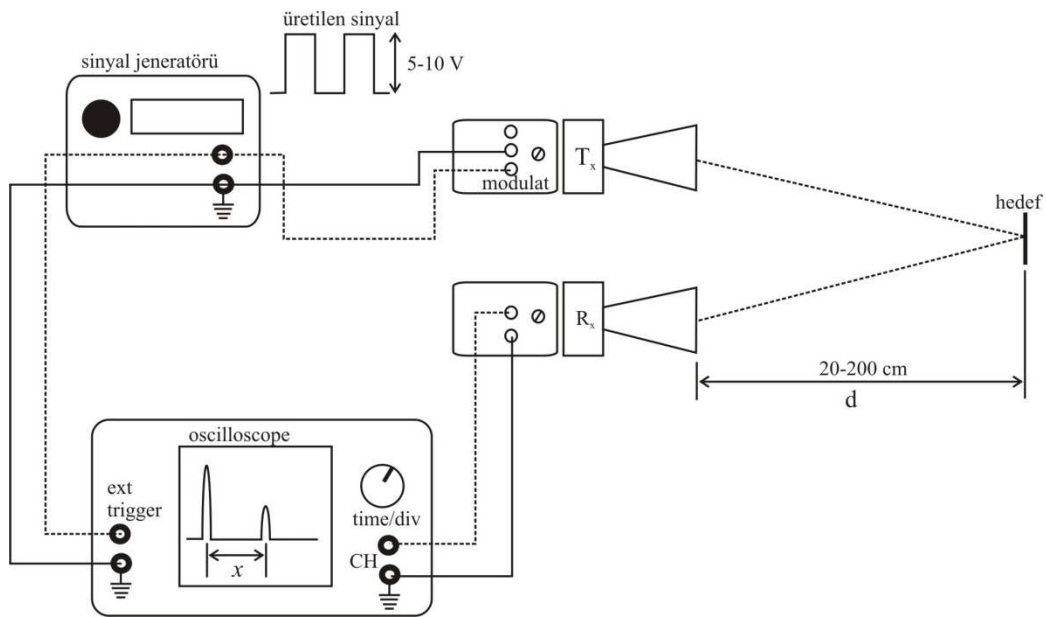
Transducer'in toprak terminalini tansmitter'in toprak terminaline bağlayınız. Diğer uçları da karşılıklı olarak birbirine bağlayınız. *Bu durumda transmitter ve transducer aynı genlikte ve fazda sinyal üretirler.* Algılayıcıyı şekildeki gibi hareket ettirerek merkeze göre maksimumları ve minimumları gözleyiniz. Merkeze göre 1.maksimumun meydana geldiği açıyı ölçünüz. x , L ve y mesafelerini ölçünüz. $x \sin \alpha = \lambda$ bağıntısını kullanarak ultrasonik dalganın dalgaboyunu hesaplayınız.

6. Doppler Olayı ve Vurular: Şekil 12'deki düzeneği kurunuz (ayrıntılı bilgi için Serway I.cilt, Bölüm 17, sayfa 464'e bakınız). Sinyallerden bir kısmı doğrudan, bir kısmı da hareketli cisimden yansıdıktan sonra algılayıcıya ulaşır. Osiloskop üzerinde bulunan "ADD" butonuna basarak kaynaktan gelen ve yansiyarak algılayıcıya gelen sinyalleri toplayınız. Yansıtıcı levhayı şekildeki doğrultuda yavaşça hareket ettirerek osiloskop ekranını gözleyiniz. Dalganın genliği periyodik olarak değişiyor mu? Gözlemlerinizi ilgili fiziksel olayı göz önüne alarak açıklayınız.



Şekil 12. Doppler olayı

7. Sonar (Sonik Radar, Ses Radarı): Şekil 13'teki düzeneği kurunuz.



Şekil 13. Sonar düzeneği

Transmitter ultrasonik atmalar (pulslar) yayar ve yansıyan sinyaller alıcı aracılığıyla osiloskop ekranında gözlenir. Sinyal jeneratörünün frekansını değiştirerek Şekil.13'teki gibi bir osiloskop görüntüsü yakalamaya çalışınız. d , x ve time base çarpanı bilindiğine göre

$$\frac{2d}{v} = (\text{time base çarpanı}) \cdot x$$

denklemini yardımıyla ultrasonik dalganın hızını hesaplayınız?

DENEY 8

MİKRODALGALARIN GÖZLENMESİ, GİRİŞİMİ, KIRINIMI

Amaç: Elektromagnetik dalga spektrumunun görünür bölgesinde olmayan ve bu nedenle gözle görülemeyen mikrodalgaların varlıklarının kanıtlanması, dalga boylarının hesaplanması, kutuplanma durumlarının incelenmesi, bu dalgalarla girişim ve kırınım olaylarının gözlenmesi.

Ön Çalışma Soruları:

1. Kartezyen koordinat sisteminde çizilmiş olan bir dalganın dalga boyunu nasıl tayin edersiniz?
2. Michelson interferometresine temel oluşturan Michelson-Morley deneyinin yapılış amacı nedir, araştırınız.
3. Young deneyi su ve ses dalgaları ile yapılabilir mi, tartışınız?

Teori

Bütün elektromagnetik dalgalar boşlukta c ışık hızı ile yayılırlar. Bu dalgalar belirli bir kaynaktan bir alıcıya enerji ve momentum taşır. 1887'de *Hertz*, *Maxwell* tarafından öngörülen radyo frekans bölgesindeki elektromagnetik dalgaları başarıyla üretti ve kaydetti. Bütün elektromagnetik dalgalar boşlukta c hızıyla yayıldıklarından, frekansları ve dalga boyları $c=\lambda f$ ifadesi ile birbirine bağlıdır.(Elektromanyetik dalgalar hakkında ayrıntılı bilgi için Serway II.Cilt, Bölüm 34'e bakınız)

Elektromagnetik dalga spektrumu bölgelere ayrılmıştır ve günlük hayatımızda elektromagnetik dalga spektrumunun değişik bölgelerinden kaynaklanan ışımlarla karşılaşırız. Bütün çevremizi dolduran güneş ışınları, elektromanyetik ışımların temel kaynağıdır. Aynı şekilde radyo ve TV dalgaları elektromagnetik ışımlara verilebilen diğer örneklerdir. Radar sistemlerinde oluşturulan mikrodalgalar telefon ile kulağımıza kadar ulaşır. Elektromagnetik ışımlar ışık veren lambadan, otomobillerin ısınmış motor bloklarından, x -ışını düzeneklerinden, toprak altındaki radyoaktif elementlerden kaynaklanır. Diğer taraftan, içinde yaşadığımız galaksinin yıldızlarından ve diğer cisimlerden de bize elektromagnetik ışımlar ulaşır.

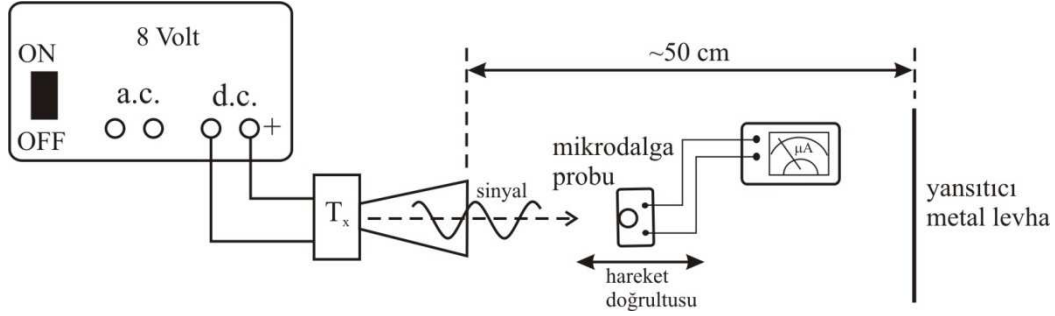
Mikrodalgalar (kısa dalga boylu radyo dalgaları), 1 mm ve 30 cm arasında değişen dalga boyuna sahiptirler. Elektronik cihazlarla meydana getirilirler. Kısa dalga boylarından dolayı, hava yolculuklarında kullanılan radar sistemleri ve maddenin atomik ve moleküler parametrelerinin incelenmesi için uygundur. Mikrodalga fırınlar, bu dalgaların evlerimizdeki uygulamasıdır.

Bizim kullanacağımız mikrodalgaların dalga boyu yaklaşık 2.8 cm dir. T_x vericisinin ürettiği sinyaller kutupludur (kutuplanma için Deney 4'ün teori kısmına bakınız). Deneyde kullanacağımız verici 8-13 V DC güç kaynağı ile çalıştırılabilir. Uygun çalıştırma voltajı 8V'tur.

DENEYLER

1. Mikrodalganın Dalga Boyunun Ölçülmesi

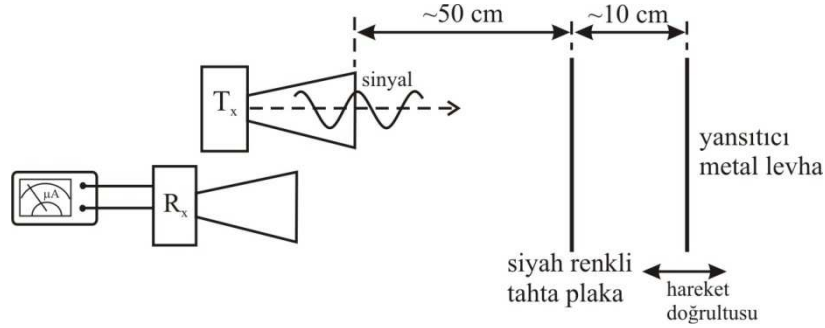
Şekil 1'deki düzeneği kurunuz. T_x vericisi için güç kaynağı 8V değerinde olmalıdır. (+) ve (-) kutupların bağlantısı önemlidir: güç kaynağının kırmızı renkli (+) portu vericinin kırmızı portuna takılacaktır. Deneyin diğer kısımlarında da T_x vericisi için güç bağlantısı bu şekilde yapılacaktır.



Şekil 1.

Mikrodalga probunu verici ve yansıtıcı metal levha arasında mikrodalga sinyaline paralel bir şekilde hareket ettirerek ampermetrede maksimumlar (en büyük sapma) ve minimumlar (sıfır) gözleyiniz. Deney masası üzerine akımın maksimum olduğu durumda mikrodalga probunun yerini işaretleyiniz (en az 10 maksimum işaretleyiniz). Bu noktalar arasındaki mesafeleri ölçünüz ve ortalamalarını alınız. Bu ortalama değeri $\lambda/2$ 'ye eşitleyerek mikrodalganın dalga boyunu hesaplayınız. Bulduğunuz değeri teorik değeri ($\lambda_{\text{transmitter}}$) ile karşılaştırınız.

Şekil 2'deki düzeneği kurunuz.

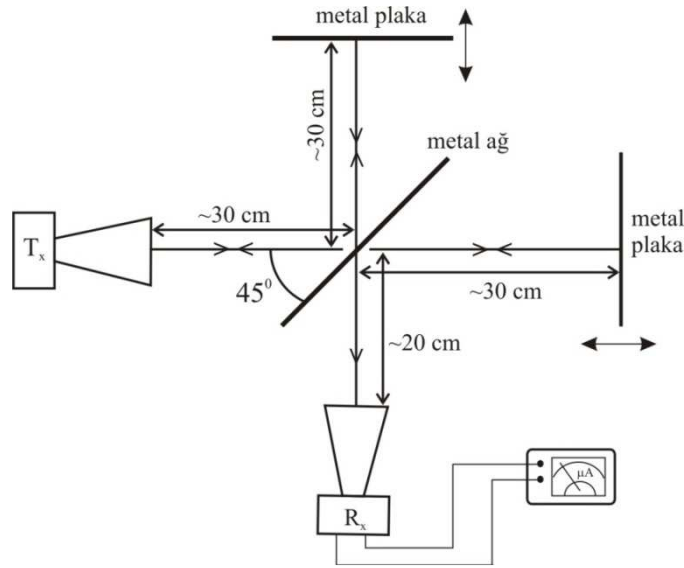


Şekil 2.

Yansıtıcı metal levhayı hareket ettirerek alıcıya bağlı olan ampermetrede, 1.kısımda olduğu gibi maksimumlar ve minimumlar gözleyiniz. Bu noktalarda metal levhanın konumlarını işaretleyiniz ve aralarındaki mesafeyi ölçerek mikrodalganın dalga boyunu elde ediniz.

2. Michelson İnterferometresi

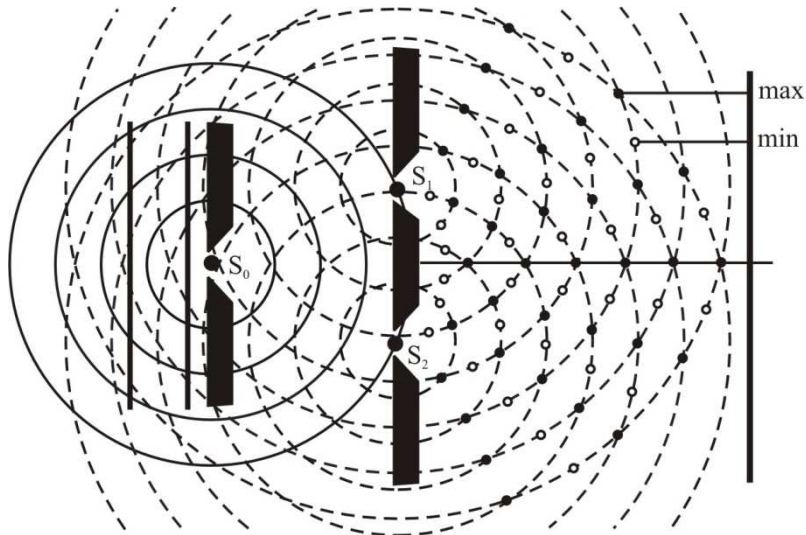
Şekil 3'teki düzeneği kurunuz. Metal plakalardan birini demete dik doğrultuda hareket ettirerek maksimumları veya minimumları ölçünüz. Dalga boyunu hesaplayınız ve sonucu yorumlayınız. Metal plakanın $\lambda/2$ kadarlık yer değiştirmesi desenin bir maksimumdan başka bir maksimuma kaymasına karşılık gelir.



Şekil 3. Michelson interferometresi

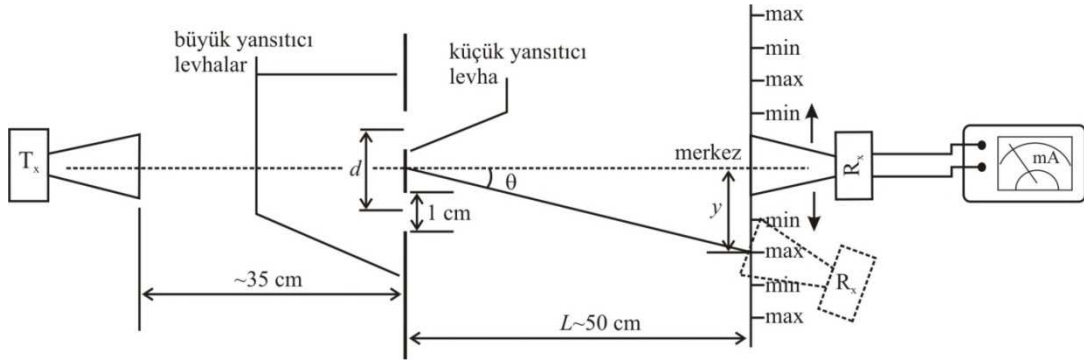
3. Young Deneyi

Şekil 4'te iki kaynaktan çıkan ışık dalgalarının girişimi görülmektedir. S_0 dan çıkan ışık birbirine paralel S_1 ve S_2 gibi iki dar yarığı olan ikinci bir ekrana ulaşır. Bu iki yarık eş fazlı ışık kaynağı çifti gibi davranır; çünkü bunlardan çıkan dalgalar aynı dalga cephesinden çıkarlar ve dolayısıyla sabit bir faz bağıntısına sahiptirler. İki yarıktan geçen ışık böylece C ekranında görünür bir desen oluşturur. Öyle ki “saçak”lardan oluşan bu desen, birbirine paralel aydınlık ve karanlık bantlardan ibarettir. S_1 ve S_2 'den çıkan ışık C ekranında bir noktaya ulaştığında, o bölgede yapıcı bir girişim oluşturursa aydınlık (parlak) çizgi, söndürücü girişim oluşturursa karanlık çizgi gözlenir.



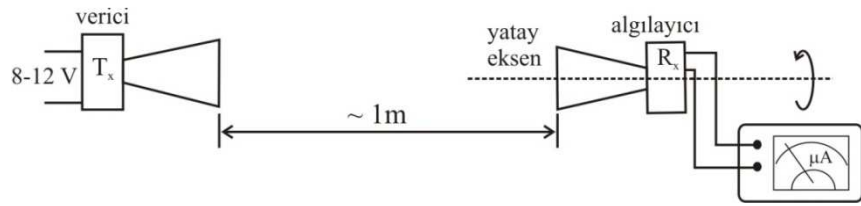
Şekil 4.

Şekil 5'teki düzeneği kurunuz. R_x 'i düşey doğrultuda hareket ettirerek oluşan girişim desenini araştırınız. Bu işlem sırasında merkezden uzaklaştıkça, R_x 'i bir miktar yarıklara bakacak şekilde açılacak şekilde döndürmeyi ihmal etmeyiniz. Merkeze göre 1.maksimumun meydana geldiği açıyı belirleyiniz. d , L ve y mesafelerini ölçünüz. $d \sin \theta = n\lambda$ bağıntısını kullanarak mikrodalganın dalgaboyunu hesaplayınız.



Şekil 5. Mikrodalgalarda girişim.

4. Mikrodalga Sinyalinin Kutuplu Olduğunun Gösterilmesi



Şekil 6.

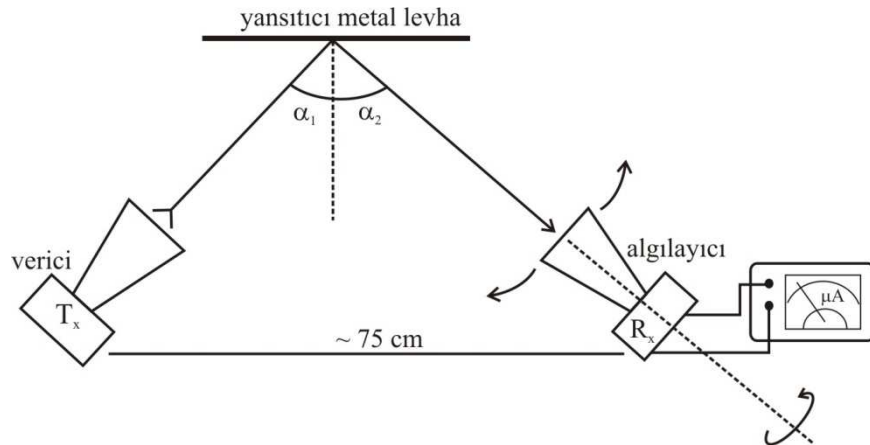
Şekil 6'daki düzeneği kurunuz. Alıcıyı şekilde gösterildiği gibi kendi eksenini etrafında yavaşça döndürünüz. Alıcının 0° , 45° , 90° , 135° , 180° lik yönelimleri için akım değerlerini ölçünüz ve elde ettiğiniz değerleri yorumlayınız. Aynı etki alıcı sabit tutulup verici döndürüldüğünde de elde ediliyor mu, gözleyiniz.

T_x ve R_x arasındaki uzaklığı 10, 20, 30, 40, 50 cm olarak ayarlayıp, her bir adımda akım değerini ölçünüz.

Uzaklığa bağlı olarak akım değerinin veya mikrodalga şiddetinin nasıl değiştiğini ifade ediniz.

5. Yansıma

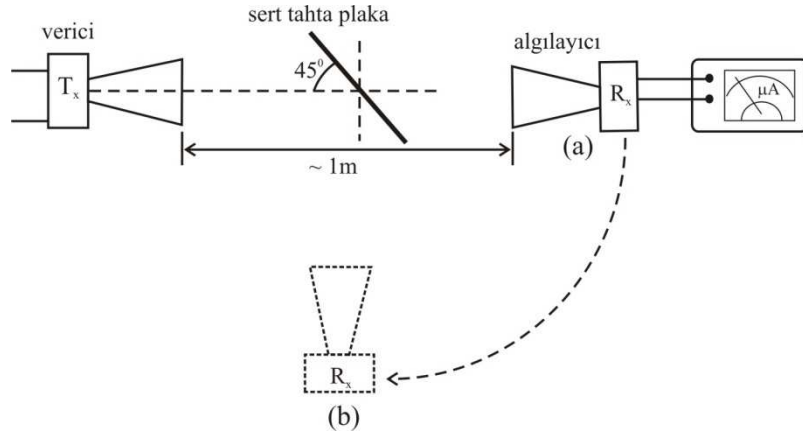
Şekil 7'deki deney düzeneğini kurunuz. Algılayıcıyı şekildeki oklar doğrultusunda hareket ettirerek akımın maksimum olduğu doğrultuyu belirleyiniz, α_1 ve α_2 açılarını ölçüp birbiri ile karşılaştırınız. Sonucunuz neyi ifade eder. Algılayıcı bu konumdayken, kendi eksenini etrafında döndürerek akım değerinin değişip değişmediğini inceleyiniz. Gözlemleriniz sonucunda, yansıyan ışın kutuplu mudur? (kutuplanma hakkında ayrıntılı bilgi için Deney 4'e bakınız)



Şekil 7.

6. Yarı Geçirgen Ayna

Şekil 8'deki deney düzeneğini kurunuz. Sert tahta plakanın pürüzsüz olan yüzeyinin vericiye doğru bakmasına dikkat ediniz.

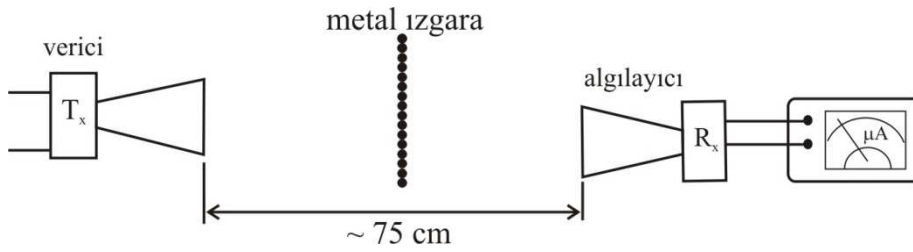


Şekil 8.

Alıcıyı (a) ve (b) konumlarına getirerek akım değerlerini ölçünüz. Her iki değeri karşılaştırınız. Bu sonuç neyi ifade eder.

7. Polarizasyon Izgarası

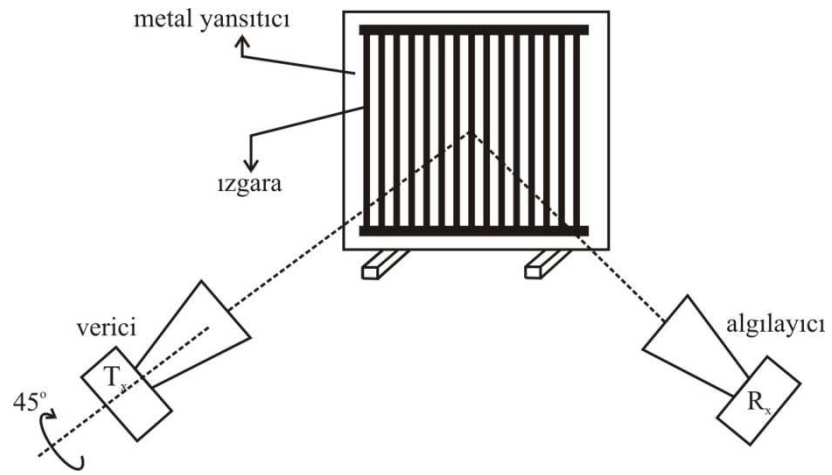
Şekil 9'daki deney düzeneğini kurunuz. Izgara çubukları düşey (masa düzlemine dik) olduğunda alıcı akımını ölçünüz. Izgara çubukları yatay (masa düzlemine paralel) olduğunda alıcı akımını ölçünüz. Bu akım değerlerinden yola çıkarak, sinyalin kutuplanma düzlemini yani titreşimin hangi düzlemde olduğunu belirleyiniz.



Şekil 9.

8. Dairesel Polarizasyon

Alıcı ve vericiyi aralarında ~60cm uzaklık olacak şekilde karşılıklı yerleştiriniz ve akım değerini ölçünüz. Şekil 10'daki düzeneği kurunuz. Vericiyi 45° kendi eksenini etrafında döndürünüz. Izgara ve metal yansıtıcı arasındaki mesafe ~11 mm olsun. Yansımış sinyal düşey (ızgaradan yansımayan) ve yatay (metak plakadan yansımayan) elektrik alana sahiptir. Bu titreşimlerin birleşimi dairesel kutuplanma olarak adlandırılır. En iyi sonuç için, ızgara ve metal yansıtıcı arasındaki mesafe dikkatlice ayarlanmalıdır. Rx'in yönelimini uygun bir şekilde ayarlayarak, akım değerini ölçünüz. Deneyin başlangıcında ölçtüğünüz değerle aynı mı? Sonuçlarınızı yorumlayınız.



Şekil 10.

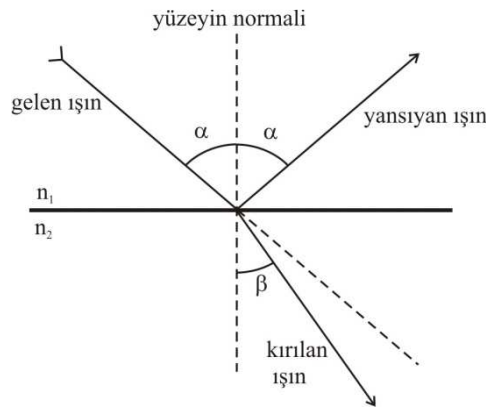
DENEY 9

MİKRODALGA KULLANARAK PRİZMALARDA YANSIMA, KIRILMA VE KRİSTALDEN BRAGG SAÇILMASI

Amaç: Prizmalarda yansıma ve kırılma olayını mikrodalga ile incelemek. Bragg saçılması hakkında bilgi sahibi olmak.

Ön Çalışma Soruları:

1. Prizmalarda yansıma ve kırılma olayları nasıl oluşur?
2. Snell yasasını ve Bragg yasasını açıklayınız?
3. Bir kristalin örgü sabiti $a=3\text{\AA}$ dur. $\lambda=2\text{\AA}$ dalga boyuna sahip tek renkli x-ışını demeti (100) ve (111) Miller indisli düzlemlerden hangi açılarda Bragg yansımasına uğrar? ($n=1$)
4. $a=4\text{\AA}$ örgü sabitine sahip alüminyum'un (111) düzleminden olan yansıma açısı 20° ise, bu düzleme gelen ışının dalga boyunu hesaplayınız? ($n=1$)

Teori**Prizmalarda Yansıma ve Kırılma****Şekil 1.**

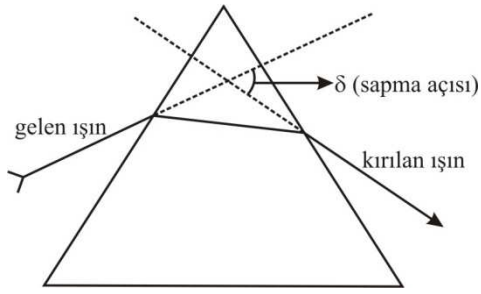
Şekil 1'deki gibi, bir ışık ışını saydam ortamda ilerlerken başka bir saydam ortamın sınırına geldiğinde, ışının bir kısmı yansırken bir kısmı da kırılmaya uğrayarak ikinci ortama geçer (veya kırılır). Işığın yansıtıcı bir engelle çarparak geldiği ortama geri dönmesine *yansıma*, doğrultu değiştirerek ikinci ortama geçmesine *kırılma* denir. *Gelen ışın*, *yansıyan ışın*, *kırılan ışın* ve *yüzeyin normali* aynı düzlemindedir. Şekil 1'deki β açısı her iki ortamın özelliklerine ve geliş açısına

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} = \text{sabit}$$

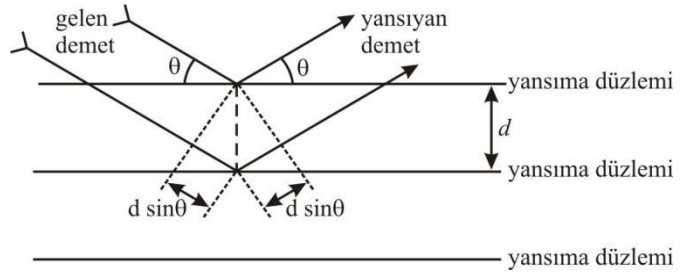
bağıntısı ile bağlıdır. Burada v_1 ışığın 1. ortamdaki hızı, v_2 ışığın 2. ortamdaki hızıdır. Bu bağıntı Snell Yasası olarak bilinir. Snell yasası, farklı dalga boylu ışığın kırıcı bir maddeye geldiğinde farklı açılarda büküleceğini ortaya koyar. Genellikle herhangi bir maddesel ortamda ışığın hızı boşluktaki değerinden daha küçüktür. *Bir ortamın kırılma indisi, ışığın boşluktaki hızının, ışığın o ortamdaki hızına oranı olarak tanımlanır.*

$$n = \frac{c}{v}$$

Bir prizmanın yüzeyine beyaz ışık demeti gönderildiğinde ışık renklerine ayrılır. Prizmaya gelen bir ışık ışını gelme doğrultusundan δ kadar saparak prizmayı terk eder (Şekil 2).



Şekil 2.



Şekil 3.

Kristalden Bragg Saçılması

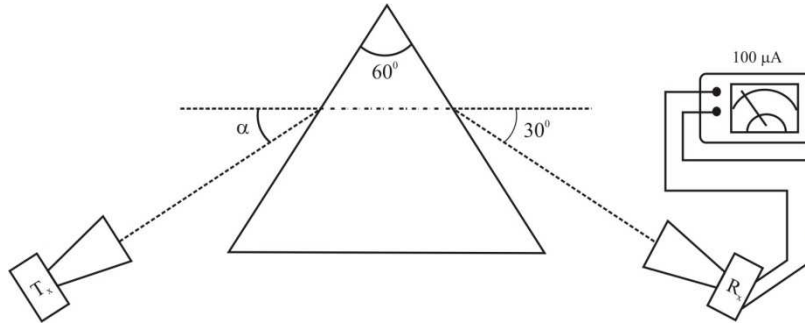
Tek renkli bir x -ışını demeti kristalin yüzeyine düştüğünde, kristaldeki paralel atom düzlemlerinden saçılırlar (Şekil 3). Komşu iki düzlemden yansıyan ışınlar arasındaki yol farkı $2d \sin \theta$ olur ve θ gelen demet ile düzlem arasındaki açıdır. Yapıcı girişim olayı için, ardışık düzlemlerden yansıyan ışınlar arasındaki bu yol farkının dalgaboyunun tam katları olması gerekir:

$$2d \sin \theta = n\lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (1)$$

burada n yansımanın mertebesidir. $n=1$ için veya 1.maksimum için (1) denklemi $2d \sin \theta = \lambda$ veya $\sin \theta = \frac{\lambda}{2d}$ olur. $\sin \theta$, 1'den büyük değerler alamayacağından *gelen ışınların* dalga boyu $\lambda \leq 2d$ şartını sağlamalıdır.

DENEYLER

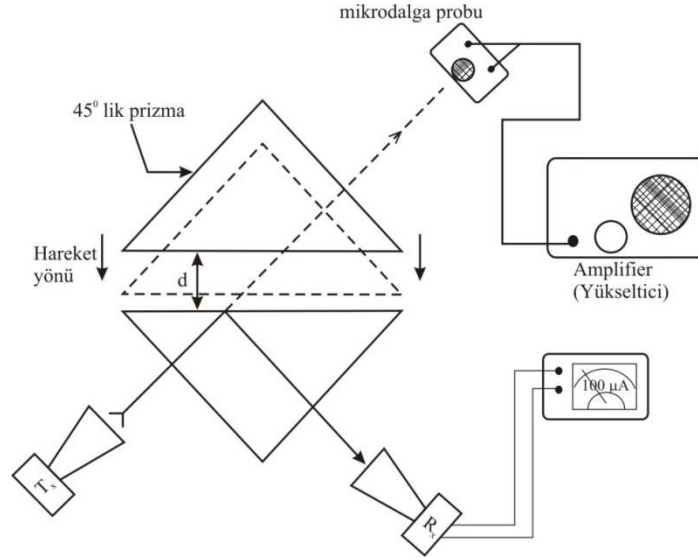
1. Şekil 4'teki deney düzeneğini kurunuz (*Deneyler sırasında T_x vericisi için güç bağlantısı DENEY 8'deki gibi yapılacaktır*). 60° lik prizma ile T_x (verici) arasındaki α açısının en az beş farklı değeri için, R_x (alıcı) tarafından algılanan akım değerlerini ölçünüz. Verilerinizi kaydediniz ve bu değerlerdeki değişimleri yorumlayınız?



Şekil 4.

2. Şekil 5'teki deney düzeneğini kurunuz. 45° 'lik prizmaları birbirinden 5 cm uzağa yerleştiriniz.

Prizmalar arasındaki mesafeyi 1'er cm azaltarak, prizmalardan geçen sinyali yükselticiden (amplifier) dinleyiniz. Çıkan sesteki yükselmeler ve alçalmalar nelere karşılık gelmektedir. Her bir adımda ampermetreden ölçülen değerleri kaydediniz ve bu değerlerdeki değişimleri yorumlayınız?

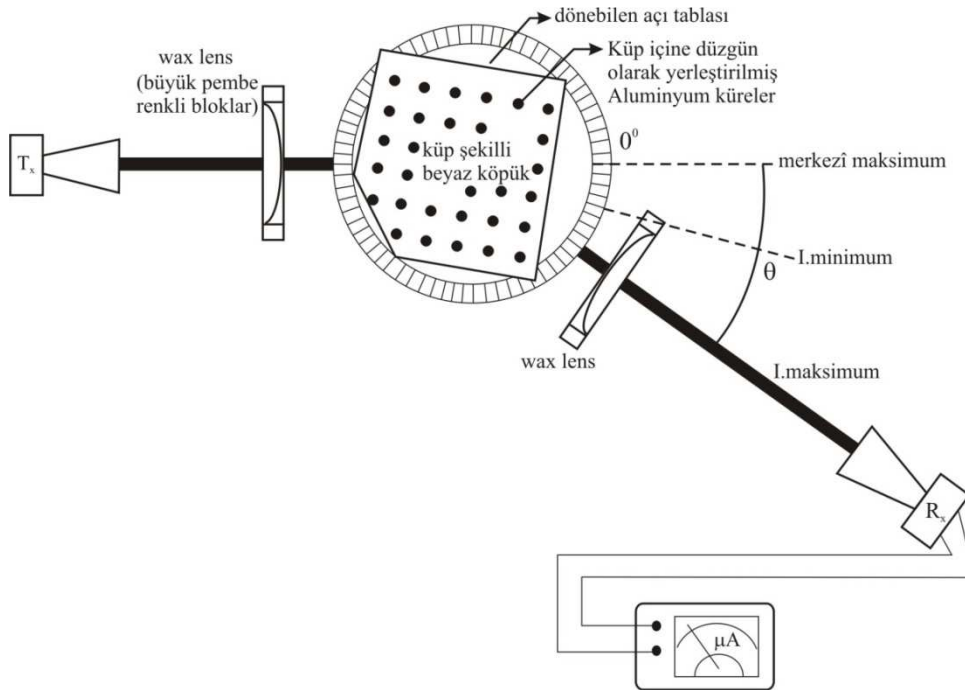


Şekil 5.

3. Şekil 6'daki deney düzeneğini kurunuz. Deneyde kullanılan küp, 4 cm aralıkla yerleştirilmiş 12,5 mm yarıçaplı alüminyum kürelerden oluşmaktadır.

Küpü (100) Miller indisli yüzü altta kalacak şekilde dereceli dönme tablası üzerine yerleştiriniz ((100) gösterimi $h=1, k=0, l=0$ anlamına gelir). 1.minimumu ve 1.maksimumu gözleyiniz. 1.maksimumun karşılık geldiği θ açısını ölçünüz. $d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$ bağıntısını kullanarak düzlemler arası d uzaklığını hesaplayınız. Burada a , kristalin (küpün) örgü sabiti olup 4.05 cm değerindedir. Bulduğunuz θ ve d değerlerini Bragg yasasında yerine yazarak $n=1$ için mikrodalgaların dalga boyunu hesaplayınız.

Yaptığınız işlemleri küpün (110) ve (111) yüzeyleri için de tekrarlayınız.



Şekil 6.