

## DENEY NO: 1

### DENEYİN ADI: SNELL KANUNU

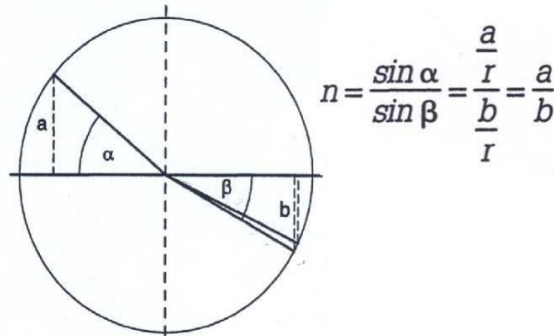
**DENEYİN AMACI:** Ortamın kırılma indisinin belirlenmesi ve aynı ortamda ışık hızının hesaplanması.

**DENEYİN TEORİSİ:** Işık demetinin, yoğunlukları farklı iki ortamın birinden diğerine geçerken doğrultu değiştirmesine **kırılma** denir. Demetin hareket ettiği ortamın kırılma indisi  $n$  ile gösterilir. Işık çok yoğun ortamda yavaş, az yoğun ortamda hızlı hareket eder. Yani ışığın bir ortamdaki hareket kabiliyeti ortamın kırılma indisine bağlıdır. Az yoğun olan ortamdaki çok yoğun ortama geçen ışık demeti normale yaklaşacak şekilde kırılır. Frekans ışık kaynağıyla ilgili bir büyüklük olduğu için ışığın ortam değiştirirken frekansında bir değişiklik olmaz. Ancak dalga boyu ve hızı gibi büyüklükler değişir.

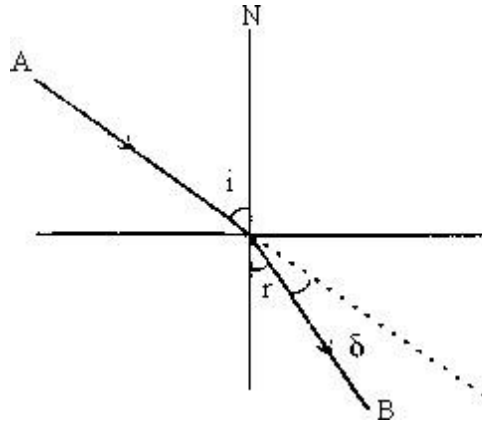
Işık az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama her zaman geçer. Ancak çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama her zaman geçemez. Bu geçişler sadece sınır açısına bağlıdır. Eğer ışın daha yoğun ortama sınır açısından daha büyük bir açıyla geliyorsa diğer ortama geçemez. Tam sınır açısıyla geliyorsa yüzeyi yalayarak geçer. Bu olaya **tam yansıma** denir.

#### Kırılma kanunları:

- 1) Gelen ışın, yansıyan ışın, normal ve kırılan ışın aynı düzlem içindedir.



Işığın geliş açısı ve kırılma açısı arasında sabit bir oran vardır.



A : Gelen ışın  
 B : Kırılan ışın  
 N : Normal  
 i : Gelme açısı  
 r : Kırılma açısı  
 δ : Sapma açısı

Şekil 1.

Yukarıdaki şekle göre Snell kanunu;

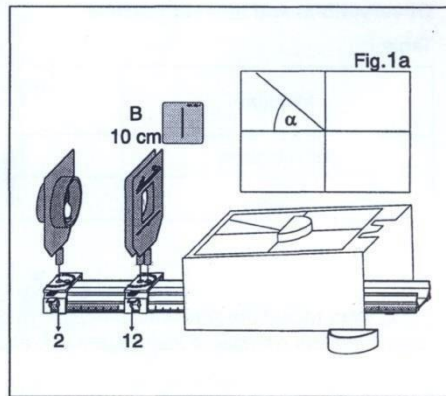
$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $n_1$  ışığın geldiği ortamın  $n_2$  ise kırıldığı ortamın kırılma indisleridir. Havanın kırılma indisini de bir alarak ortamın kırılma indisini Snell kanunundan hesaplanır. Ayrıca ışığın bu ortamdaki hızı;  $n = \frac{c}{v}$

bağıntısından hesaplanır. Buradaki  $c$  ışığın havadaki hızıdır.

### DENEYİN YAPILIŞI:

a)



Şekil 2: Deney düzeneğinin kurulması.

Şekil 2'deki düzeneği kurun. Yarım daire şeklindeki cisme su doldurun. Su dolu aparatı şekilde görüldüğü gibi düzgün bir şekilde yerleştirin. Aparatın eğrisel tarafına bir toplu iğne tutun. Kabın diğer tarafından bakarak, birinci iğne, kabın orta noktası ve ikinci bir toplu iğneyi bir doğru üzerinde çakıştıracak şekilde ikinci toplu iğneyi de tutun. Toplu iğneler ve kabın orta noktasına üstten bakıldığında üç noktanın da aynı doğru üzerinde olmadığı görülür. Bunun sebebi ışığın ortam değiştirirken kırılmaya uğramasıdır. Şimdi sistem

üzerinde gelen ışığın açısı  $40^0$  olacak şekilde ayarlayın ve aşağıdaki tabloyu doldurun. Hata analizi yaparak sonucunuzu yorumlayınız.

**Hesaplama Tablosu**

Ölçüm		Gelme açısı( $\alpha$ )	Kırılma açısı( $\beta$ )	Kırılma indisi ( n )	Işığın ortamdaki hızı ( V )
Su Teorik(1,33)	1	$40^0$			
Plastik cam Teorik(1,49)	2	$40^0$			

## **DENEY NO: 2**

### **DENEYİN ADI: ÇUKUR AYNA ve İNCE KENARLI MERCEKTE ODAK UZAKLIĞI TAYİNİ**

**DENEYİN AMACI:** Çukur ayna ve ince kenarlı mercekte odak uzaklığının tayini.

#### **DENEYİN TEORİSİ:**

Yansıtıcı yüzeyi küre kapağı şeklinde olan aynalara küresel ayna denir. Küresel aynalar çukur ayna ve tümsek ayna olarak iki çeşittir. Düzlem aynalar için geçerli olan yansıma kanunları, küresel aynalar için de geçerlidir. Fakat düzlem ve küresel aynalardaki yansıma farklıdır. Düzlem aynalardaki yansıma ile küresel aynalardaki yansımanın farkı, düzlem aynalara paralel gelen ışınlar paralel yansırken, küresel aynalara paralel gelen ışınlar paralel yansımayıp ışınlar bir noktada toplanacak veya bir noktadan dağılacak şekilde yansır.

Yansıtıcı yüzeyi çukur olan aynalara çukur ayna (konkav ayna = iç bükey ayna) denir. Çukur ayna, cisimlerin görüntülerini büyütebilme ve gelen paralel ışınları bir noktada toplayabilme özelliğine sahiptir.

Mercek, ortak bir eksene sahip iki kırıcı yüzey vasıtasıyla sınırlanmış, cam, kuvars veya ışık kırıcı herhangi bir maddeden saydam maddelerden yapılan optik alettir. Mercekler içinden geçen ışınların yönünü değiştiren camlardır.

Mercek içinden geçen ışınlar birbirine yaklaştığında cismin görüntüsü büyür ( Büyüteç ), ışınlar birbirinde uzaklaştığında ise cismin görüntüsü küçülür. Merceklerin iki yüzü küresel ( dışbükey - convex veya içbükey - concav ) veya bir yüzü küresel diğer yüzü düz olanları vardır.

Cismin görüntüsünden yansıyan ışınlar mercekten geçtiğinde bir odak noktasına itilir. Bu teori kullanılarak görüntü üzerinde gözlemler yapmak amacıyla teleskop, dürbün, mikroskop gibi araçlar, kaydetmek amacıyla lensler ve objektifler, görme hatalarını gidermek için gözlüklerde mercekler kullanılmaktadır.

Bir mercek aynı eksenli iki kırıcı yüzey tarafından sınırlandırılmış optik bir sistemdir. İnce kenarlı merceğin odak uzaklığı iki türlü tarif edilebilir:

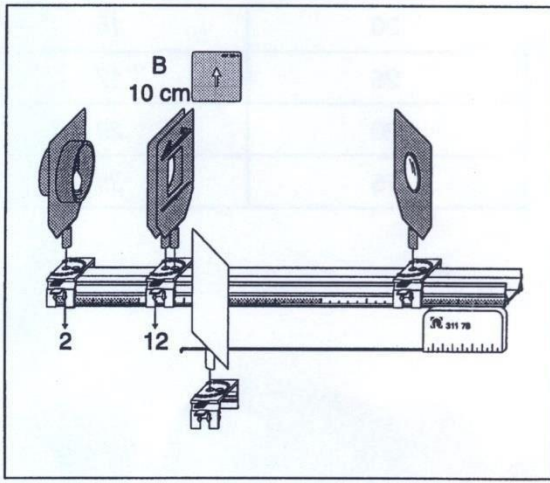
- Merceğin eksenli üzerinde bulunan ve görüntüsü sonsuzda oluşan cismin merceğe olan uzaklığıdır.
- Sonsuzda bulunan bir cismin görüntüsünün merceğe olan uzaklığıdır.

Görüntüsü sonsuzda olan cismin bulunduğu noktaya birinci odak uzaklığı denir ve  $f$  ile gösterilir. Sonsuzdaki bir cismin görüntü noktasına ise ikinci odak denir ve  $f'$  ile gösterilir.

Yakınsak mercekler, üzerlerine düşen paralel ışınları odak noktasında toplarlar. Merceklerin yüzey eğrilik yarıçapları ne kadar büyük ise odak uzaklıkları o oranda küçüktür. Merceğe paralel gelen ışın  $f'$  noktasından geçecek şekilde kırılır. Odaktan geçerek gelen ışın ise asal eksene paralel olacak şekilde kırılır.

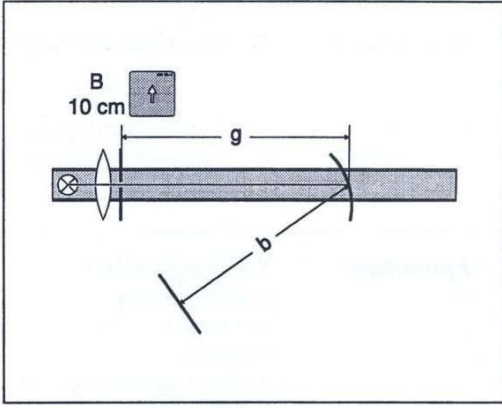
## DENEYİN YAPILIŞI:

### 1. KISIM Çukur aynanın odak uzaklığının tayini



Şekil 1'deki düzeneği kurun ve çukur aynayı  $15^\circ$  çevirin. Saydam aparatı tezgâhın önüne koyun. Güç kaynağını 12 V ayarlayarak lambayı çalıştırın. Şekil 2'yi göz önüne alarak aşağıdaki Tablo 1'i doldurun.

**Şekil 1:** Deneyin kurulum düzeneği



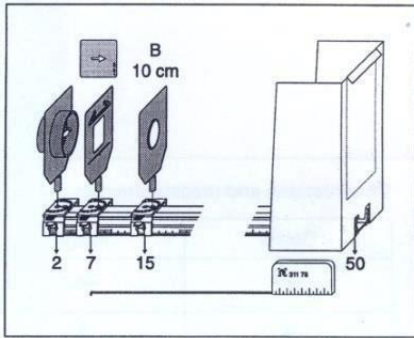
**Şekil 2:** Deneysel ölçüm diyagramı

Görüntü Mesafesi $b$ (cm)	Cisim Mesafesi $g$ (cm)
	30
	25
	20
	15

**Tablo 1 :** Cisim ile görüntü mesafesi

Tablo 1'e göre  $b - g$  grafiğini çizin. Grafikten çukur aynanın odak uzaklığını tayin edin. Sonucu yorumlayın ve hata analizi yapın.

## 2. KISIM İnce kenarlı merceğin odak uzaklığının tayini



Şekil 3'teki deney düzeni kurun. Güç kaynağını 12 V olacak şekilde ayarlayarak lambayı çalıştırın. Net bir görüntü elde etmek için merceği sağa ve sola hareket ettirin. Nesneyi Tablo 2'deki şekillere göre yerleştirerek görüntünün şeklini çiziniz.

**Şekil 3:** Deneyin kurulum düzeni.

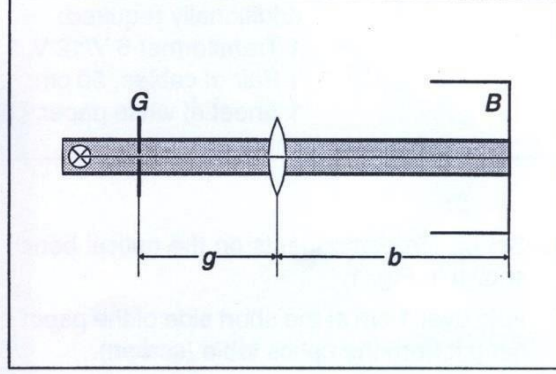
**Tablo 2 :** Görüntü şeklinin çizilmesi.

Nesne	Görüntü
-------	---------

←	
---	--



Son olarak Şekil 4'ü baz alarak Tablo 3'ü doldurunuz.



**Şekil 4:**  $g$  = Nesne ve mercek arası mesafe  $b$  =  
Mercek ve diyagram arası mesafe.

**Tablo 3:** Bazı  $g$  mesafelerinde görüntü boyundaki değişimler.

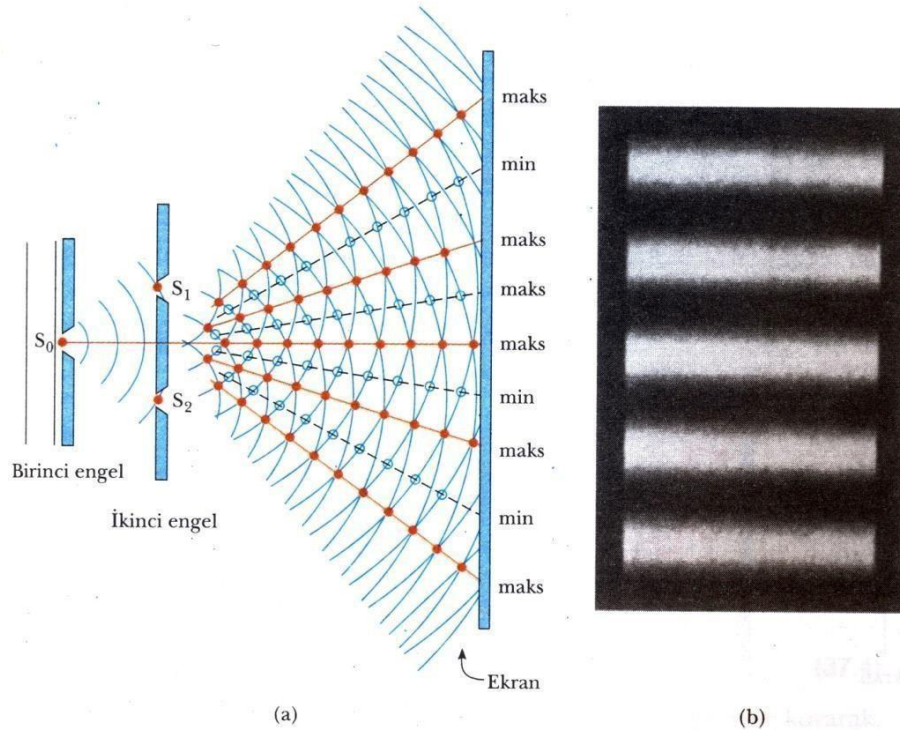
Cisim Mesafesi ( $g$ ) (cm)	Görüntü Boyu (cm)
5	
10	
15	
20	
25	
100	

**DENEY NO: 3**

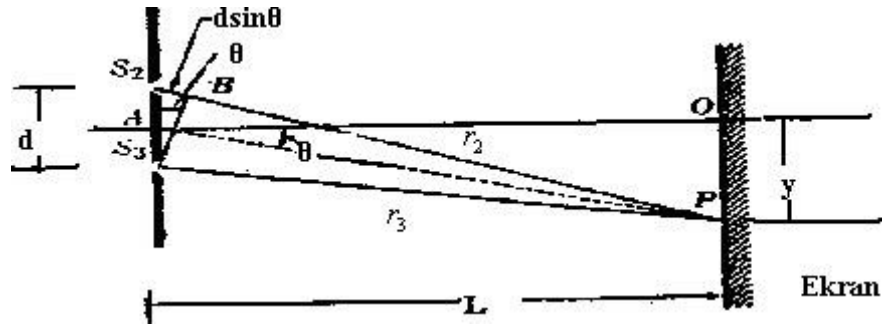
**DENEYİN ADI: IŞIĞIN GİRİŞİMİ**

**DENEYİN AMACI:** Işığın dalga karakterinin belirlenmesi ve çift yarıktaki girişim yoluyla yarık genişliğinin tayini.

**DENEYİN TEORİ:** Girişim, en az iki dalganın uzayda bir yerde toplanması olarak tanımlanır. Girişim olayının gerçekleşebilmesi için dalga kaynaklarının eş fazlı (ahenkli, koherent) olması gerekir.



**Şekil 1.** a) Young'ın çift yarıқта girişim deneyi. b) saçak deseninin merkezinin büyütülmüş durumu.



**Şekil 2.** Young'ın çift yarıқта girişim deneyini açıklayan geometrik çizim.

Şekil 2'de Young'ın çift yarıқта girişim deney düzeneği görülmektedir. Burada S1 yarığının önüne konmuştur. S1 üzerinde (S1'e eşit uzaklıkta) S2 ve S3 yarıkları bulunan bir ekrada konmuştur. S1 yarığında geçen ışınların S2 ve S3 yarıklarından geçmesiyle eş fazlı iki kaynak oluşmuş olur. Işık dalgaları aynı anda başlayıp farklı uzunluktaki yolları kat ettiklerinden aralarında bir **faz farkı**  $\phi$  oluşur.

Faz farkının  $2\pi m$  ( $m=0,1,2,3,\dots$ ) olması durumunda dalgaların tepe noktaları üst üste gelir ve **aydınlık saçaklar** oluşur.

Faz farkının  $(2m+1)\pi$  ( $m=0,1,2,3,\dots$ ) olması durumunda dalgaların tepe ve çukur noktaları üst üste gelir ve **karanlık saçaklar** oluşur.

S2 ve S3 kaynaklarından çıkan ışınların P noktasına geldiklerinde aralarındaki yol farkı  $\Delta r$

$$= d \sin \theta$$

olarak verilir.

Yol farkı, dalga boyunun tam katlarına eşit olduğunda aydınlık saçaklar oluşur:

$$\Delta r = r_2 - r_3 = d \sin \theta = m \lambda$$

Yol farkı, dalga boyunun yarım katlarının tek katlarına eşit olduğunda karanlık saçaklar oluşur:  $\Delta r = r_2 - r_3 = d \sin \theta = (m + 1/2) \lambda$

Burada m bir tam sayıdır.

Yol farkı  $\Delta r$  ile faz farkı  $\phi$  arasında  $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta r$

ilişkisi vardır.

$\theta$  açısı çok küçük olduğunda,

$$\sin \theta \approx \tan \theta$$

olur ve geometriden,

olduğundan,

$$\tan \theta = \frac{y}{L}$$

$$y = \frac{m d \lambda L}{L}$$

ifadesi elde edilir.

Burada:

y : merkezden m. aydınlık saçığın uzaklığı

L : yarık ile ekran arası mesafe

d : yarıklar arası mesafe

$\lambda$  : dalga boyu

$\lambda$

### **DENEYİN YAPILIŞI:**

Bir ayna parçasının arka yüzüne çizilen iki eş yarıktan geçecek şekilde lazer ışığı gönderilir. Karşıya konulan ekranda oluşan girişim deseninde ardışık iki aydınlık saçak arası uzaklık tespit edilir. Daha sonra dalga boyu, saçak numarası ve yarıklar ile ekran arası uzaklık verileri

kullanılarak, d kaynaklar arası uzaklık hesaplanır. Yarıklar ile ekran arasındaki uzaklığı (L) değiştirerek aynı hesaplamaları yapınız ( $\lambda = 632,5$  nm olarak alınız).

### Hesaplama Tablosu

m	L ( cm)	y (cm)	d (cm)

### SORULAR

- 1) Işığın dalga karakteri gösterdiği başka olaylar biliyor musunuz? Birkaç tanesini anlatınız.
- 2) Bir deneyde yarıkla ekran arası uzaklık 120 cm, yarıklar arası uzaklık 0.025 cm ve desenin merkezinden 2. aydınlık saçığın merkezine olan uzaklığı 0.5 cm bulunmuştur. Bu verilerle  $\theta$  açısını ve kullanılan ışığın dalga boyunu bulunuz.
- 3) Çift yarıkla yapılan girişim deneyinde iki farklı dalga boyundaki ışık kullanılıyor. Dalga boyu 600 nm olan sarı ışığın oluşturduğu 3. aydınlık saçak ile diğer ışığın oluşturduğu 3. karanlık saçak üst üste geliyor. Buna göre diğer ışığın dalga boyu kaç  $\text{\AA}$  'dur?  
Bu ışık hangi renkte olabilir?

## DENEY NO: 4

### DENEYİN ADI: IŞIĞIN KIRINIMI

**DENEYİN AMACI:** Tek yarıқта ışığın kırınımının incelenmesi ve yarık genişliğinin tayin edilmesi.

### DENEYİN TEORİSİ:

Bir ışık demetinin, Young'ın çift yarık deneyinde olduğu gibi iki yarığa geldiğini varsayalım. Eğer ışık yarıkları geçtikten sonra doğrusal bir yol boyunca hareket etmiş olsa idi Şekil 1a'da olduğu gibi dalgalar kesişmeyecek ve hiçbir girişim deseni gözlenmeyecekti. Halbuki, Huygens ilkesi, yarıklardan çıkan dalgaların Şekil 1b'de görüldüğü gibi yayılmalarını gerektirir. Başka bir deyişle, ışık düz ve doğrusal yolundan sapar ve başka bir bölgeye gider. İşte ışığın bu geliş doğrultusundan ayrılması kırınım olarak adlandırılır.

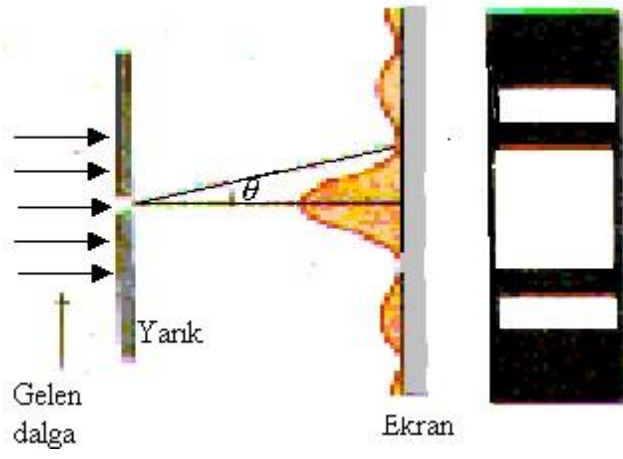
Kırınım olayı çoğu zaman iki şekilde sınıflandırılmıştır. Bu sınıfların adları, onları ilk açıklayan kişilere aittir. Fraunhofer kırınımı adıyla anılan birincisi, bir noktaya ulaşan ışınlar yaklaşık olarak paralel olduklarında meydana gelir. Şekil 2 de görüldüğü gibi  $\theta =$

$0^\circ$ 'da eksen boyunca merkezi parlak bir saçak oluşur ve bu merkezi saçığın her iki yanında art arda karanlık ve aydınlık saçaklar gözlenir.

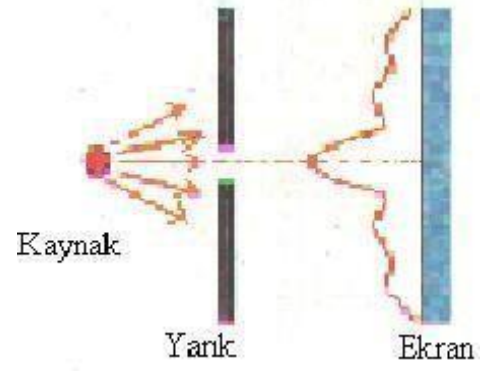


**Şekil 1**

Ekran, yarıktan ölçülebilir bir mesafeye yerleştirildiğinde ve paralel ışınları odaklamak için mercek kullanılmadığında gözlenen desen Fresnel kırınımı deseni adını alır. Şekil 3'te gösterilen kırınım desenleri Fresnel kırınımına örnektir.



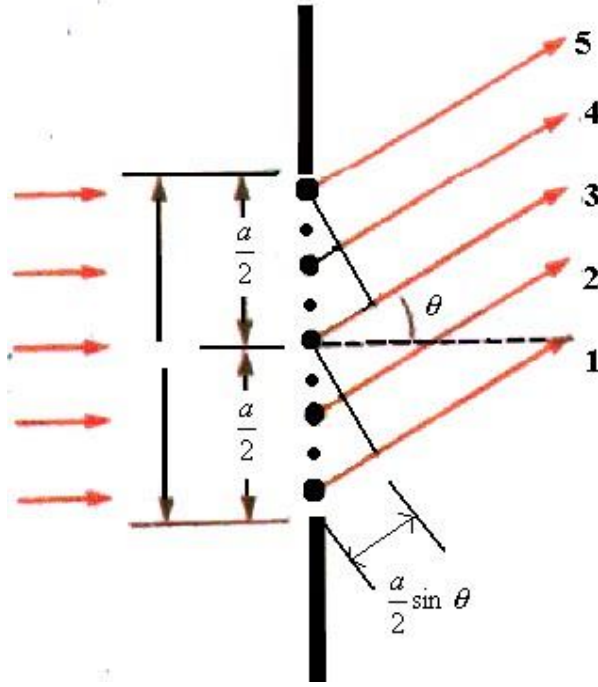
Şekil 2



Şekil 3

Huygens ilkesine göre yarığın her kısmı, bir dalga kaynağı gibi davranır. Dolayısıyla, yarığın bir kısmından çıkan ışık, başka kısmından çıkan ışık ile girişim yapabilir. Ekranda oluşan bileşke şiddet ise  $\theta$  'nın yönüne bağlı olabilir.

Kırınım desenini analiz etmek için yarığı Şekil 4'te olduğu gibi iki eşit parçaya bölmek uygun olur. Buna göre yarığın üst yarısından çıkan dalgalar, yarığın alt yarısından çıkan dalgalarla



Şekil 4

$$(a/2)\sin\theta = (\lambda/2) \text{ veya } \sin\theta = \lambda/a \quad (1)$$

olduğunda söndürücü girişim yaparlar. Yarığı iki yerine dört parçaya ayırıp benzer gerekçeleri kullanırsak,

$$\sin\theta = 2\lambda/a \quad (2)$$

olduğunda yine ekranın karanlık olacağını buluruz. Aynı şekilde yarık altı parçaya bölündüğünde, ekranda karanlık oluşumunun

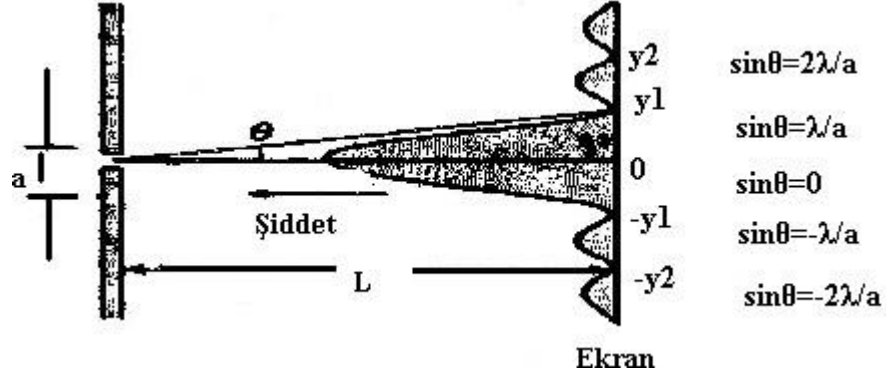
$$\sin\theta = 3\lambda/a \quad (3)$$

olduğunda meydana geldiğini gösterebiliriz. Böylece söndürücü girişimin genel koşulu

$$\sin\theta = m\lambda/a \quad (m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (4)$$

olur.

## DENEYİN YAPILIŞI:



Şekil 5. Genişliği  $a$  olan tek yarıklı Fraunhofer kırınım deseni için minimumların konumu. Fraunhofer kırınım deseni  $L \gg a$  olduğu durumda elde edilir.

Doğrusal ışık yayan bir lazer kaynağı, deney ayakları kullanılarak sabit hale getirilir. Lazer kaynağının karşısına gelecek şekilde ayarlanabilir tek yarık yerleştirilir. Kaynak açılarak,  $L$  uzaklıktaki perdede kırınım deseni görülür. Bu desendeki karanlık saçaklar yardımı ile öncelikle  $\tan \theta = \frac{d}{L}$  formülü yardımıyla kırınım açısı bulunur. burada  $d$  merkezi aydınlık saçak ile seçilen karanlık saçak arası mesafedir. Daha sonra lazer kaynağının dalga boyundan yararlanılarak maksimum saçığın üstündeki 2 karanlık saçak için, denklem (4)'den, 2 farklı yarık genişliği bulunur. Bunlardan faydalanarak ortalama yarık genişliği hesaplanır. Aynı işlemler yarık-ekran arası  $L$  uzaklığı değiştirilerek tekrarlanır ve bulunan değerler tablo 1'de yerlerine yazılır. Daha sonra tabloda bulunan yarık genişliklerinin de aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu değer ile ayarlanabilir tek yarığın gerçek genişliği mukayese edilir.

(Lazer ışığının dalga boyu  $\lambda=635.0$  nm'dir)

**Tablo 1.** Ölçüm ve Hesaplama Tablosu

L(cm)	m=1	m=2	sin1	sin2	a1(cm)	a2(cm)	aort(cm)
220							
250							

**SORULAR**

- 1) Kırınım ile girişim olayı arasındaki fark nedir?
- 2) Çift yarıқта kırınım ile tek yarıқта kırınım arasındaki fark nedir? Kırınım desenlerini karşılaştırarak izah ediniz.

**DENEY NO: 5****DENEYİN ADI: IŞIĞIN PRİZMADAN SAPMASI VE KIRILMASI**

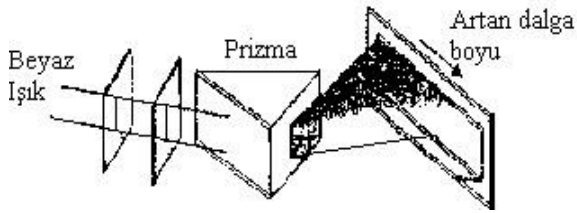
**DENEYİN AMACI:** Işığın prizmadan kırılarak renklere ayrılmasının gözlenmesi ve prizmanın kırılma indisinin hesaplanması.

## DENEYİN TEORİSİ:

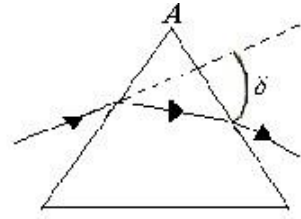
Dik kesitli üçgen şeklinde olan saydam bir maddeden yapılmış cisimlere **prizma** denir. Aslında dik kesitli çokgen olarak genelleştirilmesi uygun olur. Bir prizma hangi şekilde olursa olsun, optik aletlerin yapımında merceklere sonra ikinci sırayı alan önemli bir cihazdır. Optikte prizmalar, ışın bölücü ve polarizasyon elemanı olarak önemli yerlerde kullanılırlar.

Kullanım yerlerine göre prizmalar;

1. Spektroskopik analizlerde ışın dağıtıcı,
2. Görüntünün düzeltilmesi ve ışın yönünün değiştirilmesi, olarak iki durumda kullanılır.



Şekil1



Şekil2

Ortamın kırılma indisi, gelen ışığın dalga boyuna göre farklılık gösterir. Kırılma indisi, dalga boyunun bir fonksiyonu olduğu için Snell yasası farklı dalga boylu ışığın, kırıcı bir maddeye geldiği zaman farklı açılarda büküleceğini ortaya koyar. Kırılma indisi, artan dalga boyu ile azalır. Bu ise, kırıcı bir maddeden geçerken mavi ışığın, kırmızı ışıktan daha fazla büküleceği anlamına gelir. Kırılma indisinin dalga boyu ile değiştiği maddeler dağıtım oluştururlar. Dağıtımın ışık üzerinde sahip olacağı etkileri anlamak için Şekil2'deki gibi, ışığın bir prizmaya çarptığı zaman ne olacağını dikkate alalım, sol taraftan prizmaya gelen tek bir ışık ışını, orijinal ilerleme yönünden sapma açısı denilen açısı kadar bükülerek çıkar. Şimdi, bir beyaz ışık demetinin (tüm görünür dalga boylarının birleşimi) Şekil 1'deki gibi, bir prizmaya geldiğini varsayalım. İkinci yüzeyden çıkan ışınlar, spektrum olarak bilinen renkler serisi halinde saçılırlar. Dalga boyları büyükten küçüğe doğru renkler, kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, çivit ve mor olarak sıralanırlar. Newton her bir rengin özel bir sapma açısına sahip olduğunu, spektrumun daha fazla renklere ayrılamayacağını ve renklerin orijinal beyaz ışığı elde etmek için tekrar birleştirileceğini gösterdi. Açıkça, sapma açısı, saçılan rengin dalga boyuna bağlıdır. En çok mor, en az ise kırmızı ışık sapar.

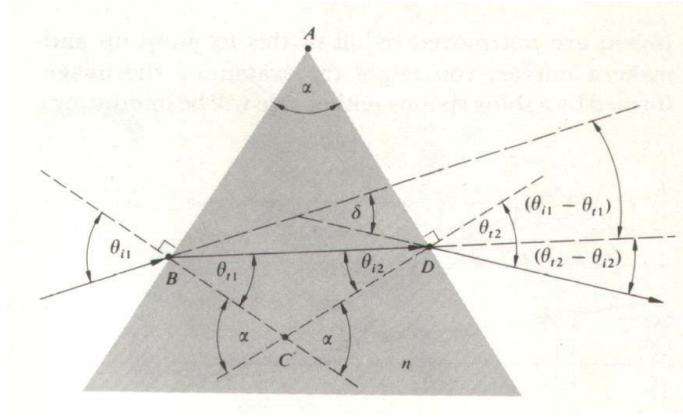
Şekil 3'te görüldüğü gibi, bir dağıtıcı prizmaya gelen ışın ile prizmadan çıkan ışın arasında,

olduğundan "prizma sapma toplam açısı"  $\delta$  sapma, adı verilen bir  $\delta$  açısı meydana gelir. İlk kırılmada ( $\theta_{t2} - \theta_{t1}$ ) sapmaları

şeklindedir.

$$\delta = (\theta_{i1} - \theta_{t1}) + (\theta_{t2} - \theta_{i2})$$

(1)



Şekil 3

BCD üçgeninde, c dış açısı, iki iç açı toplamı olduğundan,

$$\alpha = \theta_{t1} + \theta_{t2} \quad (2)$$

yazılabilir. Buna göre,

$$\delta = \theta_{i1} + \theta_{t2} - \alpha \quad (3)$$

elde edilir.  $\theta_{t2}$  açısında Snell kanunu göz önüne alınarak ve  $n\alpha \approx 1$  kabulü altında

$$\theta_{t2} = \sin^{-1}(n \sin \theta_{i2}) = \text{Arcsin}[n \sin(\alpha - \theta_{t1})] \quad (4)$$

yazılır. Denklemden,

trigonometrik  $n \sin \theta_{i2} = n \sin$  ifadesi  $\theta_{t1}$  Snell kullanılırsa, bağıntısı ve sinüs açılımında  $\cos \theta_{t1}$  yerine  $(1 - \sin^2 \theta_{t1})^{1/2}$

$$\theta_{t2} = \sin^{-1}[(\sin \alpha)(n^2 - \sin^2 \theta_{i1})^{1/2} - \sin \theta_{i1} \cos \alpha]^{(5)} \text{ bulunur. halde } \delta \text{ sapması için;}$$

O

$$\delta = \theta_{i1} + \sin^{-1}[(\sin \alpha)(n^2 - \sin^2 \theta_{i1})^{1/2} - \sin \theta_{i1} \cos \alpha] - \alpha \quad -1$$

edilir. Görüldüğü gibi;  $\delta$  açısı kırılma indisine, kırılma indisi ise sapma açısı dalga boyunun bir fonksiyonudur,  $1/2$

(6)

elde

ışığın dalga boyuna bağlı

olduğundan  $\delta = f(\lambda)$ . Böylece dağıtıcı prizmalarda farklı dalga boylarındaki (renklerdeki) ışınlar için farklı sapma açıları meydana gelir bu da bildiğimiz ışık spektrumunu (tayfını) oluşturur. Eğer dağıtıcı prizmaya tek dalga boylu bir ışın açısı sadece  $\theta_{i1}$  geliş açısının bir fonksiyonudur.  $\delta m$  minimum sapma açısının pratikte özel bir önemi (örnek olarak lazer ışını) gönderilecek olursa, (sabit  $n$  kırılma indisi ve  $\alpha$  tepe açısı için) sapma vardır. Bu değer  $d\delta/d\theta_{i1} = 0$  eşitliğinden bulunabilir. Minimum sapma açısı değerinden  $n = 1$  iken,

$$\theta_{i1} = \theta_{t2} \text{ ve } \theta_{t1} = \theta_{i2} \quad (7)$$

eşitliklerine de ulaşılabilir. (2) ve (3) eşitlikleri minimum sapma açısı için tekrar yazılırsa,

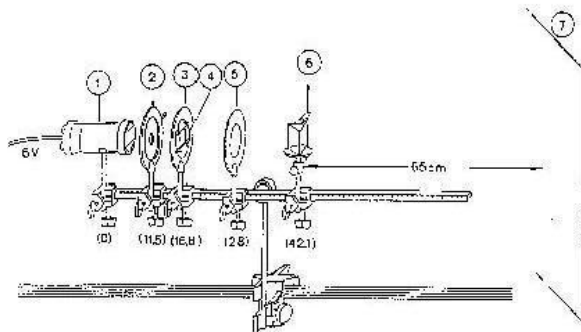
$$\theta_{i1} = (\delta + \alpha)/2 \text{ ve } \theta_{t1} = \alpha/2 \quad (8)$$

elde edilir. Snell kanununun göz önüne alınması ile,

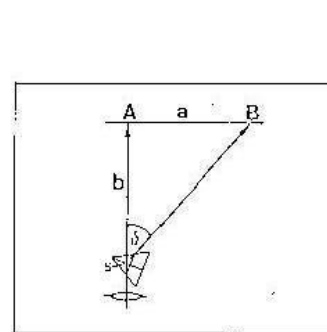
$$n = \frac{\sin \theta_{i1}}{\sin \theta_{t1}} = \frac{\sin[(\delta + \alpha)/2]}{\sin(\alpha/2)} \quad (9)$$

eşitliği bulunabilir. Bu eşitlik saydam cisimlerin kırılma indislerinin oldukça hassas bulunmasında kullanılır. İnce camdan yapılmış boş prizmalar içine gaz veya sıvı doldurularak bu sıvı veya gazların kırılma indisleri deneysel olarak bulunabilir.

#### DENEYİN YAPILIŞI:



Şekil 4



Şekil 5

Şekil 4'de verilen düzeneği kurunuz. Başlangıçta prizma tutucusuna prizmayı koymayınız. Güç Kaynağını 3V'ye ayarlayınız. Işığın doğrusal yolu üzerinde A harfi ile gösterilen noktayı işaretleyiz (Şekil 5). Işık Kaynağı'ndan çıkan ışığın, prizmadan kırılarak ekran üzerinde renklere ayrıldığını gözlemleyiniz. Prizmayı tablaya yerleştirerek minimum sapma açısını yakalayınca kadar döndürünüz. Işık prizmada kırıldıktan sonra ekran üzerinde B harfi ile gösterilen noktayı kırmızı renk için işaretleyiniz (Şekil 5).

$$\tan\delta = \frac{a}{b} \Leftrightarrow \delta = \arctan(a/b) \quad (10)$$

eşitliğini kullanarak kırmızı için minimum sapma açısını bulunuz. Aynı şekilde yeşil ve mor renkler için de minimum sapma açısını belirleyiniz.  $\delta_{min}$  min değerini (9) denkleminde yerine koyarak her üç renk için kırılma indisi hesaplayınız.

- Prizmanın tepe açısını ( $\alpha$ )  $60^\circ$  alınız.

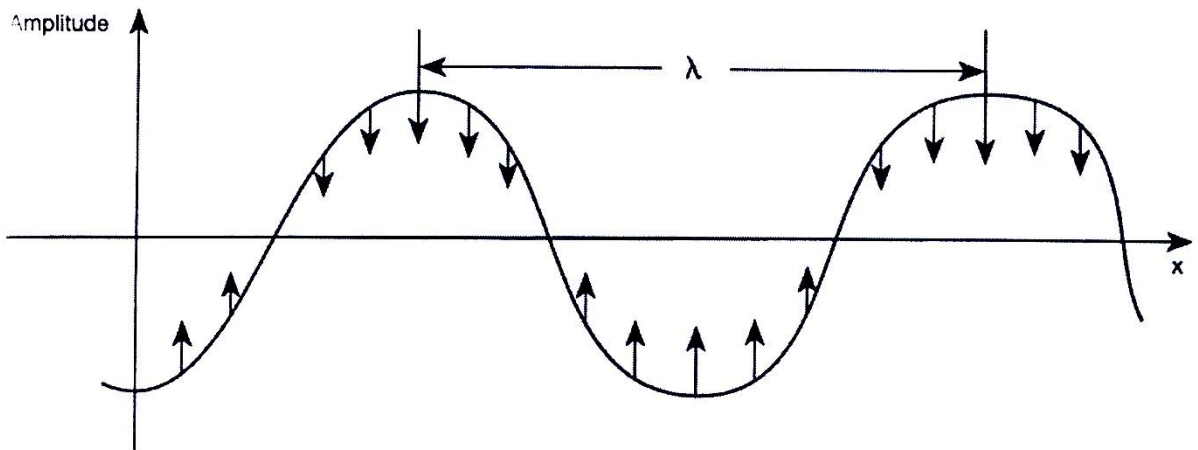
Hesaplama Tablosu				
Renkler	a (cm)	b (cm)	sapma $\delta$ açısı) (minimum	n (kırılma indisi)
Kırmızı				
Yeşil				
Mor				

**DENEY NO:7****DENEYİN ADI: İP DALGALARINDA FAZ HIZININ İNCELENMESİ**

**DENEYİN AMACI:** Dalga boyu ve frekansı bilinen bir dalganın faz hızının bulunması.

**DENEYİN TEORİSİ:**

Bir dalga çoğu zaman boşluk ve madde içinde periyodik olarak uzay ve zamanda kendi kendine yayılan bir titreşimdir. Enine ve boyuna dalgalar arasındaki fark ayırt edilebilir. Enine dalga durumunda, titreşim dalganın yayılma yönüne diktir. Boyuna dalga durumunda, titreşim ve yayılma aynı yöndedir. Bir dalgaya basit bir örnek Şekil 1’de gösterildiği gibi bir harmonik dalgadır.



**Şekil 1**

Durgun durumda f frekansıyla titreşen dalganın sadece bir parçasını düşünelim. Etki eden kuvvetlerden dolayı titreşim durumu daha fazla hareket eder. Harmonik titreşimden ortaya çıkan harmonik bir dalga, dalga titreşiminin aynı durumunda bulunduğu  $\lambda$  uzaysal mesafede hareket eder. Harmonik dalganın dalga boyu  $\lambda$  olarak adlandırılır. Bu mesafeyi geçmek için, gerekli olan T zamanı kadar zamana ihtiyaç vardır. Bu temelde belirlenen hız

(faz hızı  $v(\lambda)$ )

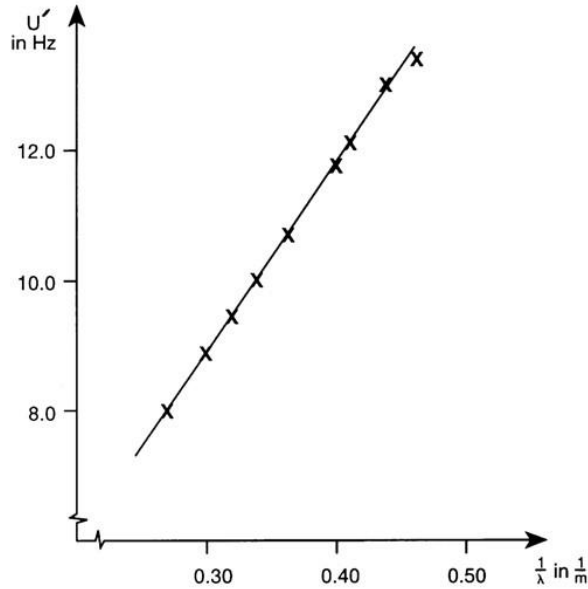
$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \quad (1)$$

ile aynı anlama gelir. Bu eşitlik yukarıda bahsedilen temel ilkelere uyan tüm harmonik dalgalar için geçerlidir.

Bu deneyde, periyodik bir dalga kauçuk ip boyunca yayılan ve destek çubuğundan geri yansıyan, deney motoru aracılığıyla pamuk ipte üretilir. Her iki yönde hareket eden dalga, birbirini üzerine biner, dalga düğümlü ve karşı düğümlü bir duran dalga biçimi oluşturur. Dalga düğümleri arasındaki mesafenin dalga boyunun yarısına ( $\lambda/2$ ) eşit olduğu gösterilebilir.

Bir kalibrasyon (ölçümleme) örneği frekans ve dalga boyunun tersi arasındaki doğrusal bağıntı açık olarak şekil 2’te gösterilmiştir.

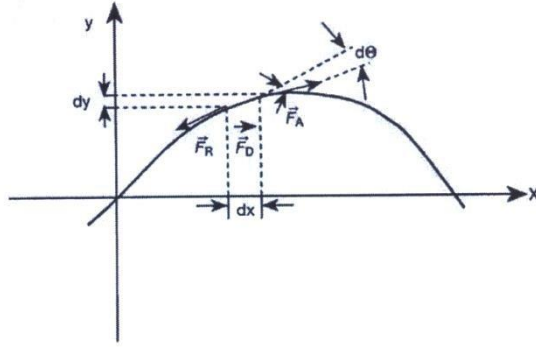
$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (2)$$



Şekil 2.

Düz çizginin eğimi aynı zamanda dalganın faz hızıdır. Farklı dalga boylu harmonik dalgaların birlikte eklenmesi harmonik olmayan dalgaları verir.

Harmonik olmayan dalganın yayılma hızı (grup hızı) faz hızına eşit değildir. Faz hızı ortamın bir anlık durumuna bağlıdır. İp parçasına uygulanan kuvvetler ip üzerine teğetsel olarak etki ederler. İp büküldüğü için, uygulanan gerilim kuvvetleri olan  $\vec{F}_A$  ve  $\vec{F}_R$  (şekil 3)'nin toplamından ip parçası üzerinde  $\vec{F}_D$  etkin dik bileşen kuvveti oluşur.



Şekil 3.

$\vec{F}_A$  ve  $\vec{F}_R$  kuvvetleri eşittir ancak birbirlerine göre  $d\theta$  açısal farkı kadar dönmüş durumdadırlar.

$$|\vec{F}_D| = |\vec{F}_A - \vec{F}_R| = 2|\vec{F}_A| \sin\left(\frac{d\theta}{2}\right) \approx |\vec{F}_A| d\theta \quad (3)$$

Ayrılma çok fazla olmadığı zaman açısal fark ipin  $dx$  boyu ile koordinatın  $x$ 'e göre ikinci türevinin çarpımı ile yer değiştirir:

$$|\vec{F}_D| = |\vec{F}_A| y'' dx \quad (4)$$

İp parçasının kütlesi

$$m = A \cdot dx \cdot \rho$$

(5)

( $A$ ; ipin kesit alanı ve  $\rho$ ; ipin kütle yoğunluğudur.) İp etkin olarak  $y$  eksenini doğrultusunda etki eden (4) eşitliğindeki kuvvet aracılığıyla ivmelenir.

$$|\vec{F}_D| \approx F_y = m\ddot{y} = |\vec{F}_A| y'' dx$$

İp gerilimi  $\sigma = F/A$  olan ipin dalga eşitliği (4) ve (5)'den elde edilebilir.

$$\ddot{y} = \frac{\sigma}{\rho} y'' \quad (6)$$

Bu eşitlik genel çözümü ihtiva eder.

$y = f(x \pm vt)$  burada  $v = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$  ip dalgasının yayılma hızıdır.  $v^2$  faz hızının karesi  $\rho$  kütle yoğunluğu ile

ters orantılı ve uygulanan ip gerilimi  $\sigma$  ile doğru orantılıdır.

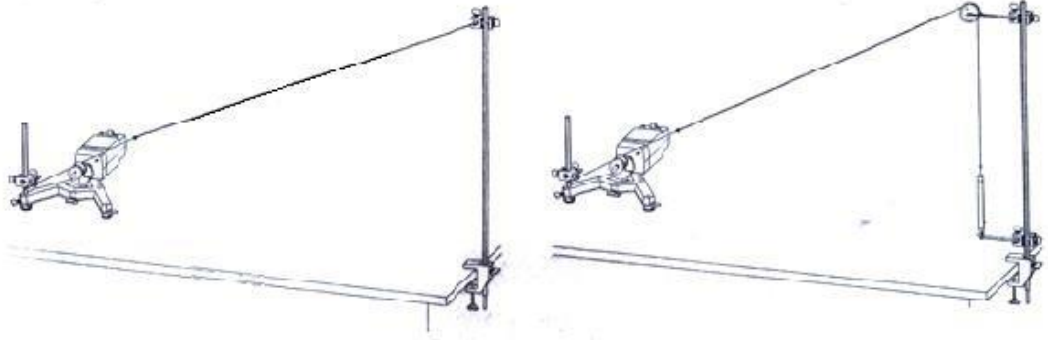
Şekil 4'te açıklanan ikinci durum :  $v^2$  yayılma hızının karesi ve F gerilme kuvvetinin değeri birbirleriyle orantılıdır. Kauçuk şeridin gerilmesinden dolayı oluşan A kesit alanındaki azalma ihmal edilir ve uygulanan F kuvvetinin oluşturduğu  $\sigma$  ip gerilimi ve v yayılma hızı orantılıdır.

#### DENEYİN YAPILIŞI:



Şekil 4.

Şekil 5'deki düzeneği kurun. 6 metre uzunluktaki kauçuk ip yaklaşık 40 cm uzunluktaki bir pamuk ipin bir ucunun sonuna bağlayın. Birleşme yeri bir ipek ile sarılarak sağlamlaştırın ve bağlayın. Pamuk ipin diğer ucu bir ilmek şeklinde biçimlendirilir ve çubuğa bağlayın. Benzer şekilde yaklaşık 50 – 60 cm uzunluktaki pamuk iplik kauçuk şeridin diğer ucuna bağlayın. Faz hızını daha iyi gözlemlemek için ipi 1 m uzunluğundaki çubuğa biraz eğimli bağlayın. İp gerilimini ne çok gergin ne de çok gevşek olmasına dikkat edin.



**Şekil 5:** Deneyin kurulum şeması.

Deneyin ilk bölümünde sabit gerilim kuvvetli dörtgen kauçuk şerit üzerindeki  $f$  uyarılma frekansı ile  $\lambda$  dalga boyunun bağımlılığını belirleyin. Elektrik motoru ile değiştirilen kauçuk şeridin frekansı bir stroboskopi yardımıyla hesaplayın. Dalga boyu iki dalga düğümü arasındaki mesafenin iki katı ile belirleyin.

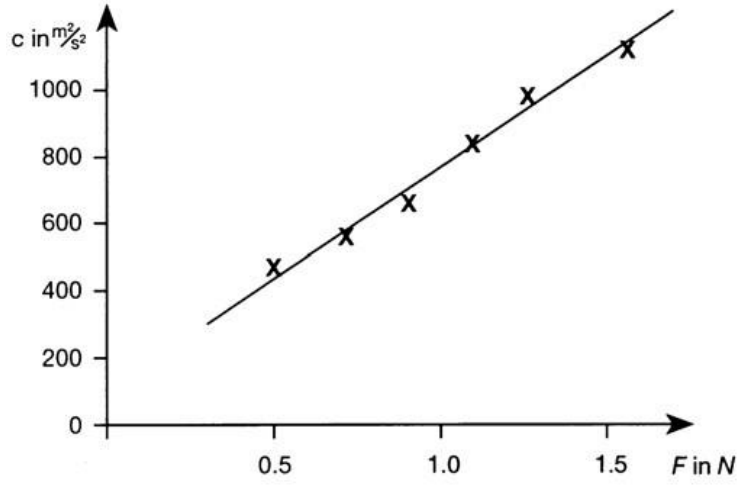
Deneyin ikinci kısmında, ipin gerilme kuvveti ( $\sigma$ ) üzerinde dalganın yayılma hızı ( $v$ )nın bağımlılığını gözleyin. Bu amaçla, pamuk iplik kıskaçtan çıkarılır ve destek çubuğunun sonundaki palangaya bağlayın. İpin gerilme kuvvetini pamuk ipin bağlı olduğu dinamometre yardımıyla belirleyin. İkinci bir mengeneyle dinamometrenin asılı olduğu kancalı bir çubuk ile destek çubuğuna bağlayın. İşlem boyunca, sistemin bir düzlemde olmasını sağlayın. (Kauçuk şerit ve pamuk ipin eklemi her zaman makaradan en az 10 cm mesafede bulunmalıdır.) Dinamometrenin ağırlığını hesaba katmak için sıfır nokta ayarlamasını bu durumda gerçekleştirin. Gerilme kuvvetini masa üzerinde destek zemini kaydırılarak ve aynı zamanda ipi tutan destek çubuğun üzerindeki kısıracı kaydırarak değiştirin.

Bir stroboskopi yardımıyla frekans ve dalga uzunluğu belirlenir. Daha sonra sabit gerilme kuvveti ip dalgalarının faz hızı tespit edilir. Sonra, ipin faz hızı ve ip üzerindeki gerilme kuvveti arasındaki matematiksel bağıntı incelenir.

İp boyunca yayılan dalganın, dalga boyu ( $\lambda$ ) ve frekansı ( $f$ ) sabit gerilme kuvvetine bağlıdır. Frekans,  $1/\lambda$ 'nın bir fonksiyonu olarak grafiği çizilir. Bu grafikten faz hızı ( $v$ ) belirlenir.

İp üzerindeki gerilme kuvvetine bağılı olan ip dalgalarının faz hızı ölçülebilmektedir. Faz hızı gerilme kuvvetinin bir fonksiyonu olarak çizilebilir.

F (N)	$\lambda$ (m)	$\nu$ (1/s)	c (m/s)	$c^2$ (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )



Şekil 5: Kauçuk bir ip uygulama motoruna takılır ve kutuplu doğrusal bir duran dalga üretilir.

## DENEY NO: 8

### DENEYİN ADI: AKUSTİK DOPPLER ETKİSİ

**DENEYİN AMACI:** Gözlemci ve kaynağın farklı görelî hızları için frekans değişikliklerini ölçmek ve analiz etmek.

### DENEYİN TEORİSİ:

Bir ses dalgası kaynağı sesin yayıldığı ortama göre bir harekete sahipse, yaydığı ses dalgalarının frekansı değişir veya daha doğru bir ifadeyle farklı gözlemlenir. Aynı frekanslarda iki ses dalgası yayan biri hareketli diğeri sabit iki ses kaynağından çıkan sesin üst üste bindirilmesi ile ortaya çıkan farka Doppler kayması denir.

Eğer bir ses kaynağı bir  $fQ$  frekansıyla ve  $VQ$  hızıyla bir sabit durumdaki gözlemciye doğru hareket ediyorsa, gözlemcinin algıladığı frekans;

Ses kaynağı: Q

Gözlemci: B olmak üzere

Algılanan frekans:  $fB$

$$fB = fQ / (1 - VQ/C) \quad (1)$$

dir. C sesin söz konusu ortamdaki hızıdır.

Eğer kaynak gözlemciden uzaklaşıyorsa; frekans

$$fB = fQ / (1 + VQ/C) \quad (2)$$

$VQ \ll C$  durumu için (1) ve (2) denklemleri

$$fB = fQ / (1 \pm VQ/C) \approx fQ(1 \pm VQ/C) \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir ve frekans kayması da,

$$\Delta f = fB - fQ \approx \pm(VQ/C) fQ \quad (4)$$

Böyle bir durumda ses kaynağı hareketsiz (dinlenmede) ve gözlemci hareketli olduğunda, aşağıdaki formüller uygulanır:

Hareket dalga üreticine yaklaşıyorsa

$$f = f0(1 + v/c) \quad (5)$$

ve dalga üreticinden uzaklaşıyorsa

$$f = f0(1 - v/c) \quad (6)$$

şeklindedir. Burada  $f0$  hareketsizlik (dinlenme) frekansı, c ses hızı (340 m/s) ve v arabanın hızıdır.

Gözlemci hareketsiz (dinlenmede) ve ses kaynağı hareketli olduğunda, aşağıdaki formüller uygulanır:

Hareket gözlemciye yaklaşıyorsa

$$f = v / (1 - v/c) \quad (7)$$

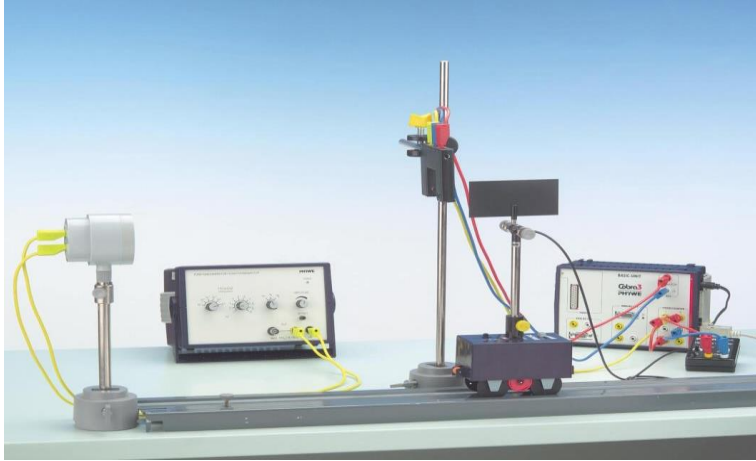
ve gözlemciden uzaklaşıyorsa

$$f = v / (l + v/c) \quad (8)$$

şeklindedir.

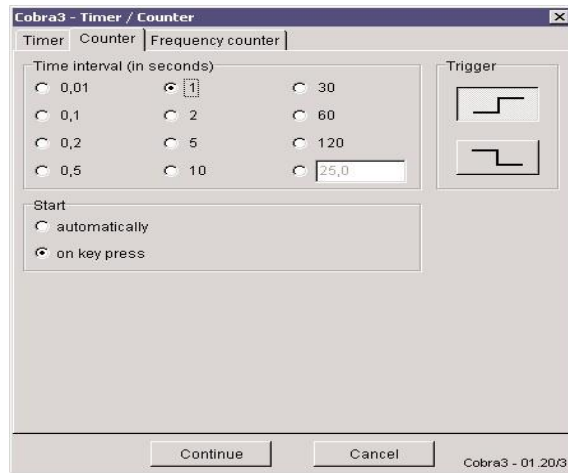
## DENEYİN YAPILIŞI:

### I. AŞAMA: Deney düzeneği Şekil 1'deki gibi kurulur.



Şekil 1. Ses kaynağı hareketsiz, gözlemci hareketli olduğundaki deney düzeneği.

"Timer/Counter" programını başlatın ve Şekil 2'ye göre frekans ölçümü için parametrelerini ayarlayın. "Time interval" 1 sn seçiniz. Her bir saniyede veri kaydedecektir.

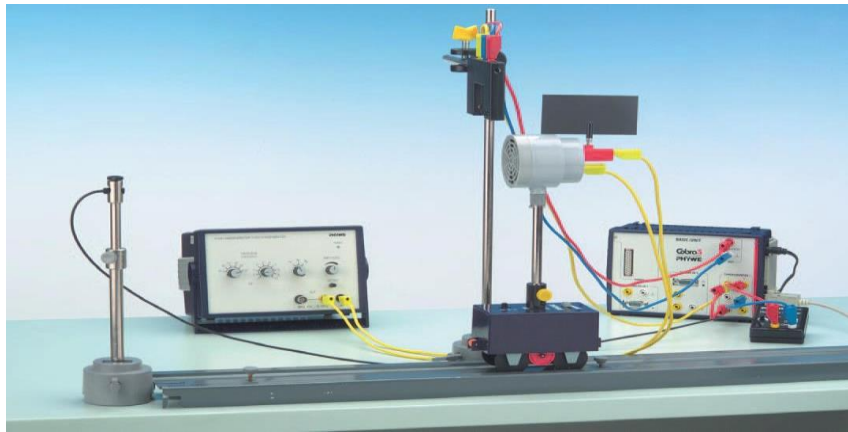


Şekil 2. Frekans ölçümü için ölçüm parametreleri

Fonksiyon jeneratörü üzerinde istediğiniz frekansı ayarlayın. Hoparlörün etrafına mikrofonlu arabayı yerleştirin. Birkaç kez hareketsiz (dinlenme)  $f_0$  frekansını ölçünüz. Bunu yapmak için klavyede start tuşuna basınız. Ölçülen  $f_0$  frekanslarının ortalamasını olarak  $f_0$  belirleyiniz.

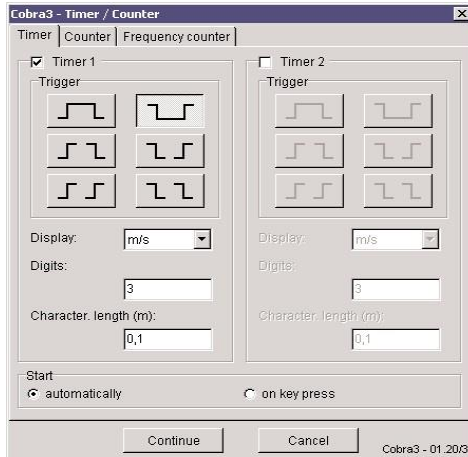
Ölçüm no	f0
1	
2	
3	
4	
f0(ort)	

## II. AŞAMA: Deney düzeneği Şekil 3'deki gibi kurulum.



Şekil 3. Ses kaynağı hareketli, gözlemci hareketsiz olduğundaki deney düzeneği

Bir ara konuma araba hız kontrol ayarlayın. Hareket yönünü ayarlayın. Arabayı bırakın ve arabanın hızı sabit olduğu zaman start tuşuna basınız. Tüm işlemleri birkaç kez tekrarlayın. Hız ölçümü için parametreleri Şekil 4'de verilen parametrelere göre ayarlayın.



Şekil 4. Hız ölçümü için ölçüm parametreleri

Önceki kısımdaki deneme ile ilgili hız kontrol veya araç hareket yönünü değiştirmeyin. Arabayı tekrar bırakın ve arabanın hızı sabit olduktan sonra ekranın ışık bariyeri üzerinden geçtiğine emin olun. Tüm işlemleri birkaç kez tekrarlayın.

Araba giderken ve dönerken hızı belirlenerek tabloyu doldurunuz. Ortalama hızı her iki hareket için bulunuz. Ortalama hızı ve Denklem 5 ve 6'yı kullanarak hareket ses kaynağına yaklaşırken ve ses kaynağından uzaklaşırken ki frekansları hesaplayınız. Tabloya yazınız.

Hareket ses kaynağına yaklaşırken	Hareket ses kaynağından uzaklaşırken
$v$ (m/s)	
$v$ (m/s)	
$v$ (m/s)	
$v$ (m/s)	
Ortalama hız $\bar{v}$ (m/s)	
Ortalama frekans $\bar{f}$ ölçülen (Hz)	
$\bar{f}$ hesaplanan (Hz)	

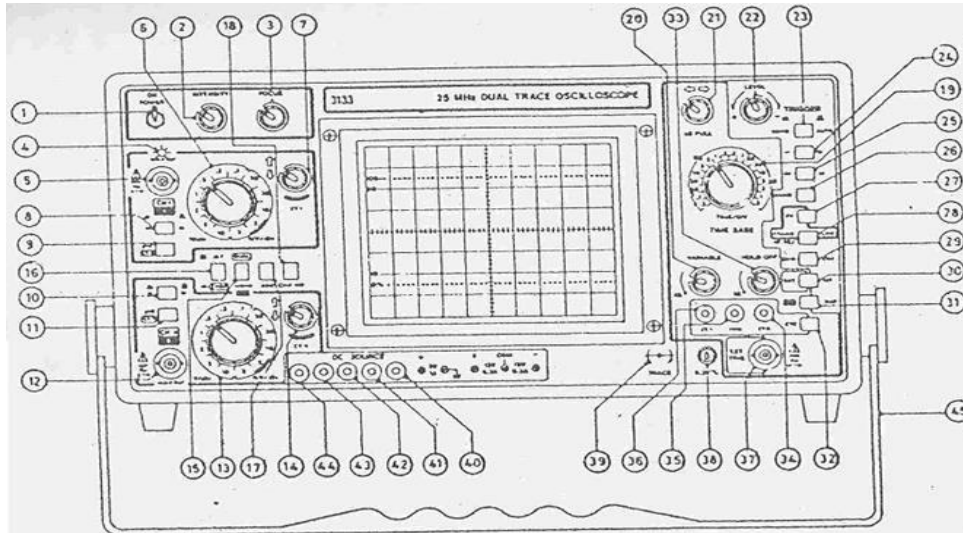
Hareket ses kaynağına yaklaşırken ve ses kaynağından uzaklaşırken ki frekansları okuyunuz. Birkaç ölçüm alıp ortalamasını alarak bulunuz. Hesaplanan ve ölçülen frekans değerlerini karşılaştırıp hata hesabı yapınız.

### SORULAR

1. Akustik Doppler etkisi nedir?
2. (3)'nolu denklemin çıkarılışını gösteriniz.

**DENEY NO: 9****DENEYİN ADI: OSİLOSKOBUN TANINMASI ve OSİLOSKOP İLE DC - AC GERİLİM ÖLÇÜMLERİ**

**DENEYİN AMACI: Osiloskop kullanımının öğrenilmesi, DC ve AC gerilim ölçümlerinin osiloskopa incelenmesi**

**OSİLOSKOP KULLANIM KLAVUZU:**

Şekil 1. Osiloskobun önden görünüşü

**1. AÇMA-KAPAMA (POWER ON)**

Osiloskobu açmayı ve kapamayı sağlar.

**2. ŞİDDET (INTENSITY)**

Ekrandaki demetin şiddetini ayarlar. Bu şiddeti fazla açmayınız ve osiloskobu çalıştırdığınızda demetin ekranda görünmesi için yarım dakika bekleyiniz.

**3. ODAKLAMA (FOCUS)**

Katot ışını tüpünün (CRT) grid voltajını ayarlayarak, ekranda elektron demetinin çizgi halinde toplanmasını sağlar.

**39. YÖRÜNGE DÖNDÜRÜCÜ (TRACE ROTATION)**

Osiloskopa çalışılan yerde bir magnetik alan mevcutsa elektron demeti çizgisi ekranda yatay bölme çizgileriyle çakışmaz. Bu eğriliği düzeltmek için kullanılır. Osiloskop ile çalışırken bununla oynamayınız.

**1. KONTROL LAMBASI (LED PILOT LAMP)**

Osiloskop çalıştığında yanar.

**5, 12. INPUT BNC CHI /Y, (CHII/X)**

CHI: I. kanal veya Y girişi, CHII: 2. kanal veya X girişi olup X-Y işlemi sırasında CHI yatay genlik, CHII ise düşey genlik olur. Maksimum giriş gerilimleri de; DC 30 volt ve AC Vp-p: 60 volt olur.

8, 9, 10, 11. dc / ac / gnd

CHI ve CHII den verilen giriş sinyallerinin doğrudan veya kapasitörle girişini sağlar. GND konumunda osiloskop girişini toprağa bağlar. AC konumunda girişi geriliminin dc bileşeni kapasitörle kesilir. DC ise direkt giriştir.

Osiloskop ekranındaki gerilimin sıfır çizgisini bulmak için GND konumu kullanılır.

## 21. YATAY POZİSYON / X5 (HORIZONTAL POSITION / X5)

Demeti sağa sola kaydırmak için kullanılır. Şayet bu iki yatay ayarı düğmesi dışa doğru çekilirse genlik 5 kat artar. Yani ekranda okunan genliği 5 ile bölmek gerekir. Örneğin volt/bölme değeri 5 mV/bölme de iken X5 dışa doğru çekildiğinde volt/bölme değeri 1 volt/bölme alınmalıdır.

## 7, 14 DİKEY POZİSYON (VERTICAL POSITION)

Görüntünün düşey pozisyonunu kontrol eder. Herhangi bir girişten verilen sinyali ekranda istenilen yüksekliğe ayarlar. Saatin dönme yönünde ekrandaki sinyal yukarı doğru çıkar. Saatin ters yönünde ise aşağı doğru iner.

## 6, 13. CHI / CHII GİRİŞLERİNİN VOLTS / DIV

CHI VE CHII girişi yükselteçlerinin kazancının ayarlanması ile bir bölmeye düşen gerilim değeri belirlenir. Örneğin bu anahtar 2 volt/bölme değerindeyken giriş geriliminin yüksekliği ekranda 6 bölme oluyorsa gerilimin değeri bunların çarpımı yani 12 volt olur. 12 kademe olup 2 mV/bölme den başlayıp 10 mV/bölme de biter.

Ayrıca bir X-Y işlemi sırasında; CHI girişinin VOLT/DIV anahtarı yatay genliği değiştirir. CHII girişinin VOLT/DIV anahtarı düşey genliği değiştirir.

Girişe volt basamağında bir gerilim veriyorsanız volt/bölme değerinden uygun olanı ve benzer olarak mV basamağında bir gerilim veriyorsanız mV/bölme değerinden uygun olanı seçiniz. Birkaç volt değerindeki bir gerilimi kesinlikle mV/bölme konumunda iken ölçmeyiniz. Gerilimin genliğinin ekran dışına saçması sakıncalıdır. Osiloskobun girişi yükselteçleri bozabilir.

## 19. ZAMAN TARAMA (TIME – BASE)

Osiloskobun zaman tarama işlevini yerine getiren komut düğmesidir. Girişlerden verilen işaretlerin yatay eksen (zaman) genliğini kontrol eder. Frekans ölçümünde kullanılır. Bu komut düğmesi 1 ms/bölme de iken görüntü 5 bölme ise giriş sinyalinin bir periyodu  $[(1\text{ms/bölme}) \times (5\text{ bölme})] = 5\text{ ms}$  dir. 0.5 ms/bölme kademesinden 0.2 ms/bölme değerine kadar 18 ayrı kademedan uygun birini seçmek mümkündür.

## 20. ZAMAN TARAMA DEĞİŞİMİ (TIME – BASE VARIABLE)

Ekranda görülen sinyalin zaman genliğini kontrol eder. Yani, osiloskop ekranında görülmekte olan sinyalin sıklığını değiştirir. Bu değişim, 'ok' işaretinin gösterdiği yönde

maksimum değerine alınmalıdır. Aksi halde işaretin tersine minimum değerine alınır; giriş sinyalinin sıklığı 2.5 kez artar.

## 29. YÜKSELTİCİ MODU ANAHTARI (AMPLIFIER MODE SWITCH)

- a) ALT / CHOP (16): DUAL operasyonunda olduğu gibi iki kanal için seçim yapmaya yarar.
- b) DUAL / MONO X-Y (15): DUAL tuşu basılı iken girişten verilen sinyalin ikisi de ekranda görülür.
- c) CHANNEL ADDITION MODE (17): DUAL modunda iken ADD basılı ise CHI-CHII giriş sinyallerinin toplamını alır.
- d) CHANNEL SUBTRACTION MODE (17, 18): DUAL modunda iken ADD-CHII INV tuşları basılı olduğunda CHII sinyali CHI sinyalinden cebirsel olarak çıkarılır.
- e) CHII INV: CHII INV tuşu basılı iken CHII girişindeki sinyalin tersi görülür.

## 38. 0.2 V KARE DALGA (0.2 V SQUARE WAVE)

$V_{p-p} = 200$  mV 1 kHz lik kare dalga kaynağıdır. Kalibrasyon işlemlerinde kullanılır.

## 22. SEVİYE (LEVEL)

Tetikleme anahtarıdır. Sağa sola hareketi ile ekranda kayan sinyali tutar. Bu anda alttaki AUTO / NORM tuşu AUTO konumunda olmalıdır. Görüntünün 30 Hz lik frekanstan daha büyük olması halinde otomatik olarak tetikleme gerçekleşir. Minimumdan maksimuma doğru çevrildiğinde tetiklenmiş sinyal yarım periyot kayar.

## 23. AUTO / NORM

AUTO: Ekranda kayan sinyali tetiklemede kullanılır. Hiçbir giriş yokken ekranda yatay bir çizgi görülür.

NORM: Eşzamanlılık (Senkronizasyon) gerekli olduğu zaman kullanılır. Girişe hiçbir sinyal verilmezse ekranda yatay çizgi görülmez.

## 27. TV

TV ve Video sinyallerinin düşük frekans bileşenlerini tetikler.

## 37. EXT – TRIG

Dış tetikleme (EXT – TRIG) sinyali için giriş terminalidir.

## 30. INT / EXT

EXT: İncelenen sinyalden bağımsız olarak EXT – TRIG BNC soketinden verilen sinyal ile senkronizasyon yapmak için kullanılır.

INT: CHI ve CHII girişlerinden türetilmiş sinyalleri tetikler.

## 43. GND

Toprak terminalidir.

## DIŞ D.C. KAYNAĞI (EXTERNAL D.C. SOURCE)

43, 44: +5 V çıkış verir.

41, 42: +12 V çıkış verir.

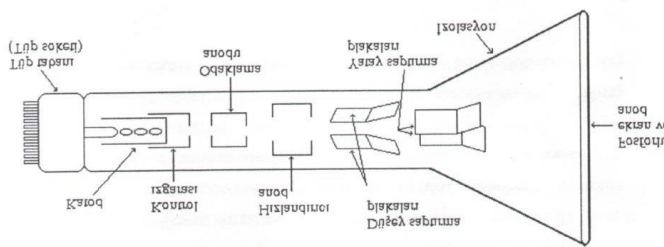
40, 41: -12 V çıkış verir.

## DENEYİN TEORİSİ:

Avometre kullanılarak doğru gerilimin ya da akımın ortalama değeri ve alternatif gerilimin etkin değeri ölçülebilir. Dalga biçimi bilinse bile, bu bilgi frekansı bulmaya yetmez. Eğer gerilim çok yavaş değişirse (saniyeler yada dakikalar ölçüsünde) bir DC gerilim ölçeri kullanılabilir ve gerilimi zamanın fonksiyonu olarak ölçebiliriz. Bu tip aygıtlar birçok yerde kullanılabilir. Örneğin güç değişim izleyici, sismograf, takograf vs.

Gerilim değişikliği saniyenin çok altında bir sıklıkla olursa bu duruma yukarıdaki gibi sistemler cevap veremez ve değişimi izlenemez. Hızlı değişen gerilimlerin dalga biçimini görmek için çok daha çabuk tepki gösteren bir düzenek gerekecektir. Elektron ışınları osiloskop bu tür bir aygıttır. Osiloskop fiziksel bilimlerde olduğu kadar tıp ve biyolojide de çok kullanılır. Osiloskop elektronik devrelerin çizgisel olmayan davranışlarının incelenmesinde çok büyük kolaylıklar sağlar. Osiloskobun en önemli parçası Katot Işınları Tüpü (KIT)'tür. Bu tüp radar sistemleri, televizyon ve bilgisayar gibi uygulamalarda elektronik bilginin ekranda görüntülenmesinde kullanılmaktadır.

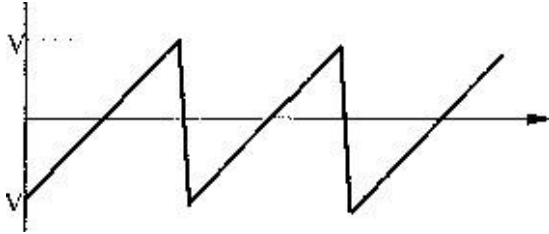
KIT içinde elektron yayımlayan bir katot, elektronları hızlandıran hızlandırıcılar, odaklayıcılar, saptırıcı levhalar, anod ve ekran vardır. Katodun ısıtılmasıyla elektronlar fırlatılır ve ekrana doğru hızlandırılır. Hızlandırılan ve odaklanan elektron demetine hiçbir kuvvet etki etmez ise ekrana kadar uçarak ekran üzerine sürülen ve elektron çarpmasıyla görünür ışık yayan fosfor tabakaya çarpar. Elektron demeti odaklandığı için küçük bir nokta görünür. Elektron demeti hızla ekrana giderken yatay ve düşey saptırıcı denilen paralel levhalar arasından geçerler. Saptırıcı levhalara uygulanan gerilim levhalar arasında bir elektrik alan oluşturur ve bu alanın etkisiyle elektronlara  $F=qE$  şeklinde bir kuvvet etki eder. Bu kuvvetin yönü ve bu yüküğü değiştirilerek elektron demeti istenilen noktaya yönlendirilebilir.



Şekil 2. Katot Işınları Tüpü

Saptırıcıların boyu yaklaşık 2 cm, demetin toplam yolu 30 cm civarındadır. Buna göre elektronların saptırıcı levhaları geçme süresi  $2 \times 10^{-9}$  sn, toplam yolu alma süresi ise  $30 \times 10^{-9}$  sn kadardır. O halde bu aygıt gerilim değişikliklerine aşırı derecede çabuk uyum sağlama yeteneğindedir. 100 MHz yakınlardaki değişiklikleri algılayabilir.

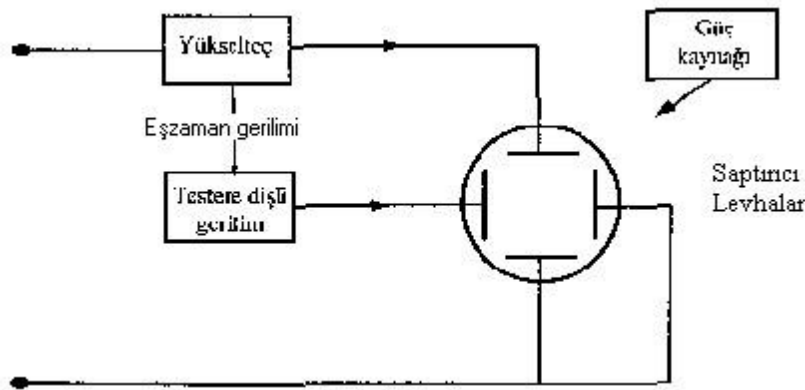
Yatay saptırıcılara uygulanan gerilim  $-V$ 'den  $+V$  değerine kadar değiştirildiğinde beneğin ekranın solundan sağına doğru hareket ettiği gözlenir. Beneğin gözün algılayamayacağı kadar hızlı sola hareketi  $+V$ 'den  $-V$ 'ye değişimin hızına bağlıdır. Böyle bir hareketin sürekliliği beneğin ekranı sürekli taramasını sağlar. Taramanın hızı arttırıldığında gözümüz yatay bir çizgi görür. Bu işlem için testere dişli bir gerilim yatay saptırıcı levhalara uygulanır. Bu gerilime süpürme gerilimi denir.



Şekil 3. Testere dişli süpürme gerilim şekli

Süpürme gerilimi osiloskop içindeki bu devre yardımıyla sağlanır ve bu gerilimin frekansı osiloskop üzerinden kolayca değiştirilebilir. Ekranda, herhangi bir değişken işaretin durgun ve ölçü alınabilecek şekilde gözlenebilmesi için süpürme geriliminin frekansı bu işaretin frekansına yakın seçilmelidir.

Düşey saptırıcılara ise gözlenmek istenen işaret uygulanır. Bu işaret kazancı osiloskop üzerinden kolayca ayarlanabilen bir yükselteçten geçirilerek düşey saptırıcılara uygulanır. Düşey saptırıcılara uygulanan gerilim beneğin düşey hareketini sağlayacağından ve süpürme gerilimi ile de yatay hareket yapan benek izlenecek gerilimin şeklini ekranda oluşturur. Kazancın değiştirilmesi ekrandaki görüntünün yüksekliğini değiştirir. Böylece daha kolay ve hassas genlik ölçümü yapılmış olur.



Şekil 4. Osiloskop

### Osiloskobun Kullanımı

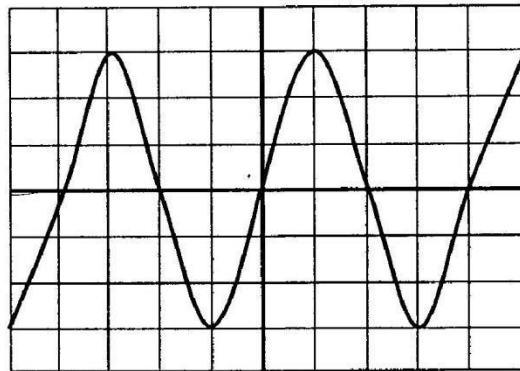
Laboratuarlarda birçok marka osiloskop olmasına karşın temelde ölçüm işlemleri hepsinde aynı şekilde yapılır. Fark ayrıntılı kullanım düzeneklerinde, özel kullanım kontrollerinde kontrol ayar düğmelerinin yerlerindedir.

Değişken gerilimlerin gözlenmesinde kullanılan osiloskop ile periyodik gerilimlerin iki parametresi ölçülür:

1. Genlik Ölçümü
2. Periyod Ölçümü

Bu ölçümlere geçmeden osiloskop üzerinde bulunan temel kontrol komütatörleri tanıyalım. Osiloskopa ölçümün temelinde ekran üzerindeki bölmeler yatar. Bölmelerin yatay ve düşeydeki sayıları için gerekli ilk parametrelerdir.

- Volt/div: Düşeydeki her bir bölmenin gerilim değerlerini gösterir
- Zaman/div: Ekrandaki yatay bölmelerin zaman değerini, veya beneğin yatayda bir bölmeyi geçmesi için geçen zamanı gösterir.
- Yoğunluk: Işık şiddetini ayarlar.
- Odak: Ekrandaki beneğin (çizginin) kalınlığını ayarlar
- Yatay Konum: Görüntüyü komple yatayda hareket ettirir
- Dikey Konum: Görüntüyü komple düşeyde hareket ettirir

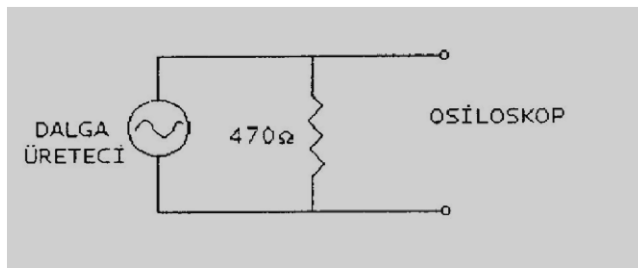


Şekil 5. Örnek sinüs dalgası

### DENEYİN YAPILIŞI:

#### 1) Osiloskopa alternatif bir gerilimin genlik ve periyod ölçümü:

1- Şekilde görülen devreyi kurunuz.



2- Osiloskopu ve dalga üreticini açarak yukarıda örnek ekrandaki işarete benzer bir görüntü oluşturunuz.

İşaretin genlik ve periyodunu ölçmek için aşağıdaki işlemleri yapınız ve Tablo 1'i doldurunuz.

- Ekranda bir periyoda en yakın işaret Zaman/div komütatörü ile oluşturun.
- Volt/div komütatörü ile düşeyde en büyük şekli oluşturun.
- İşareti ekran üzerinden karelerin sayılabilmesi için pozisyon ayarları ile karelere çakıştırın
- Düşeyde tepeden tepeye bölmeleri sayın. Simetriden dolayı ikiye bölün (Şekil 5'te  $6/2=3$ ).
- Yatayda periyot için bölme sayın. Bunun için en uygunu yatayda iki tepe arasındır (Şekil 5'te 4).

Bu adımlardan sonra,

$$V_0 = \text{Volt/div} \times \text{Bölme sayısı} = 5 \times 3 = 15 \text{ volt}$$

$$T = \text{Zaman/div} \times \text{Yatay bölme sayısı} = 5 \times 10^{-3} \times 4 = 20 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$f = 1/T = 1/(20 \times 10^{-3}) = 50 \text{ sn}^{-1} \text{ veya } 50 \text{ Hz}$$

ifadeleri göz önüne alarak sinüs dalgasını zamanın fonksiyonu olarak

$$V(t) = V_0 \sin \omega t = V_0 \sin(2\pi f t) = 15 \sin 100\pi t \text{ volt}$$

şeklinde yazılır.

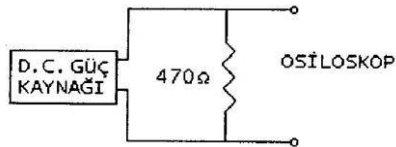
**Tablo 1. Değişik  $V_0$  ve  $f$  değerlerine karşılık  $V(t)$  fonksiyonunun belirlenmesi**

$V_0$ (volt)	$T$ (sn)	$f$ (Hz)	$V(t)=V_0 \sin \omega t$ (volt)

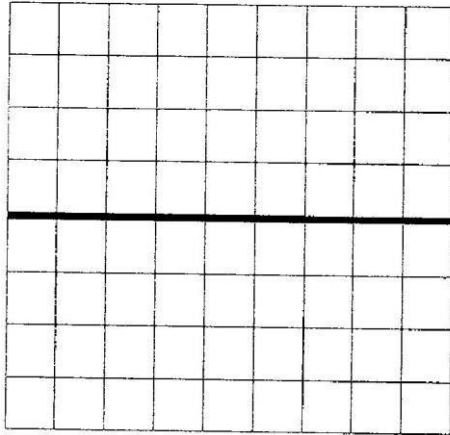
## 2) DC Ölçümü:

Osiloskoplarda DC gerilimlerde ölçülebilir. Bu işlem için girişlerin AC-GND-DC komütatöründen faydalanılır.

1. Şekildeki devreyi kurunuz.



2. DC güç kaynağını 2-10 V arası bir gerilime ayarlayınız.



Şekil 6. Ekranda görünen düz çizgi

3. Osiloskop girişini GND konumuna ve Zaman/div komütatörünü  $\mu\text{s}$  bölgelerine alarak ekranda düz çizgi elde edin (Şekil 6).
4. Bu çizgiyi düşey pozisyon düğmesi ile referans çizgisine karıştırın.
5. Girişi DC kısmına alın.
6. Çizginin yukarı veya aşağı kayması kutupların doğru yada ters olmasına karşılık gelir.
7. Kayma miktarı sayılıp Volt/div değeri ile çarpılarak DC gerilimin değeri bulunur.

Bu tip ölçümlerde mümkün en büyük değişimin en doğru ölçümü sağlayacağı unutulmamalıdır.

## SORULAR

1. Etkin değeri tanımlayınız.
2. Bir sinüs dalga denklemi ve  $V_{rms} = [1/T \int_0^T V^2(t)dt]^{(1/2)}$  ifadesini göz önüne alarak  $V_{rms} = V_p/\sqrt{2}$  olduğunu gösteriniz.
3. Zaman/div = 50 ms, Volt/div = 2 volt olan osiloskop ekranında  $V(t) = 4 \sin 10\pi t$ 'nin görüntüsünü grafik kağıdına çiziniz.

**DENEY NO: 10****DENEYİN ADI: OSİLOSKOPTA FAZ ÖLÇÜMÜ VE LISSAJOUS ŞEKİLLERİ**

**DENEYİN AMACI:** Osiloskop kullanarak iki sinüzoidal dalga arasındaki faz farkının belirlenmesi ve Lissajous şekillerinin gözlenmesi.

**DENEYİN TEORİSİ:****1. Farklı Frekanslı İki Sinüzoidal Gerilimin Karşılaştırılması**

Osiloskopta bulunan iki giriş x ve y şeklinde kullanılarak iki ayrı değişken gerilimin birbirine göre değişimi incelenebilir. Bu durumda osiloskop ekranı x-y koordinat sistemi gibi düşünülebilir. Bu inceleme daha çok herhangi bir elemanın akım ve gerilim değişimi ile iki farklı frekanslı işaretin frekans farkları ve aynı frekanslı faz farklı işaretlerin faz farkının hesabında kullanılır.

İki sinüzoidal gerilimin birbirine dik olarak üst-üste gelmesiyle oluşan eğrilere Lissajous eğrileri denir. Bu eğriler aşağıda Şekil 2'de gösterilmiştir.

Frekansları farklı olan iki sinüzoidal gerilim birbirlerine dik olarak üst-üste bindirildiğinde, eğer frekanslarının oranı iki tam sayının oranı ise elde edilecek eğri kapalı bir eğri olur. Örneğin; frekansları 4/7 oranında olan iki sinüzoidal işaretin üst üste binmesi durumunda aynı zaman aralığına giren sinyallerden birinin 4 tam dönüşü diğer sinyalin 7 tam dönüşüne eşit olur. Örneğin yatay yöndeki sinyal

$$V_x(t) = V_0x(t) \sin(\omega_x t)$$

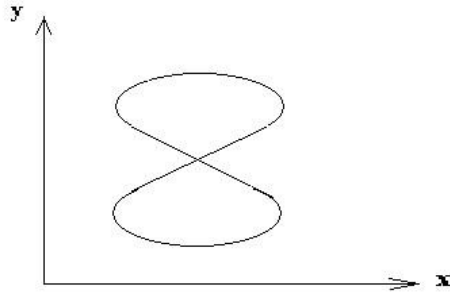
ve düşey yöndeki sinyal

$$V_y(t) = V_0y(t) \sin(\omega_y t)$$

ise

$$\omega_x/\omega_y = n_1/n_2 \quad (n_1 \text{ ve } n_2 \text{ birer tam sayı})$$

olursa, toplam sinyal kapalı bir eğri olur. Şimdi yukarıdaki iki sinyalin üst-üste binmesi sonucunda x-y konumundaki osiloskop ekranında aşağıdaki eğrinin gözlendiğini düşünelim.



Şekil 1. Frekansları farklı iki sinyalin üst-üste binmesi ile osiloskop ekranında gözlenen eğri

Bu eğri kapalı bir eğri olduğundan  $\omega_x/\omega_y$  iki tam sayının oranına eşittir. Burada 2'dir.

$\omega_y/\omega_x$	
1:1	
1:2	
1:3	
2:3	
3:4	
3:5	
4:5	
5:6	

## 2. Aralarında Faz Farkı Olan İki Sinyalin Karşılaştırılması

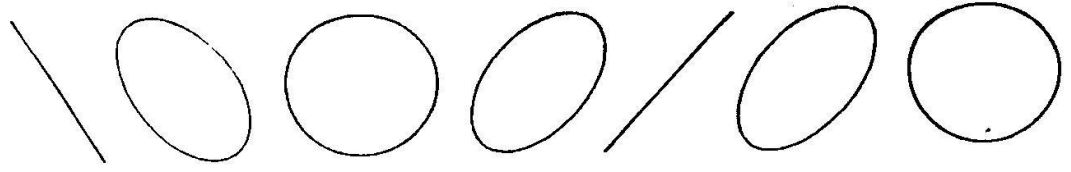
Aralarında faz farkı bulunan iki sinyal,

$$V_x(t) = V_0x(t) \cos(\omega_x t)$$

ve

$$V_y(t) = V_0y(t) \cos(\omega_y t + \varphi)$$

şeklinde verilebilir. Burada iki sinyalin frekanslarının aynı olduğuna dikkat edilmelidir.  $\varphi$  ise iki sinyal arasındaki faz farkıdır.  $\varphi$  faz farkının farklı değerleri için iki sinyalin üst-üste binmesi durumunda ortaya çıkan Lissajous eğrileri aşağıda gösterilmiştir.



$$\varphi = -\pi \quad -\pi < \varphi < -\pi/2 \quad \varphi = -\pi/2 \quad -\pi/2 < \varphi < \pi \quad \varphi = 0 \quad 0 < \varphi < \pi/2 \quad \varphi = \pi/2$$

Şekil 3.  $\varphi$  faz farkının farklı değerleri için osiloskopta görülen şekiller

Osiloskopta spotun sapması plakalara uygulanan gerilimlerle orantılı olduğuna göre, yukarıda verilen sinüs gerilimlerinin uygulanması halinde ışıklı beneğin t anındaki konumu

$$x \approx V_x \sin \omega t \quad \text{ve} \quad y \approx V_y \sin(\omega t + \varphi)$$

bağıntıları ile belirlenir. Dolayısıyla bu konum

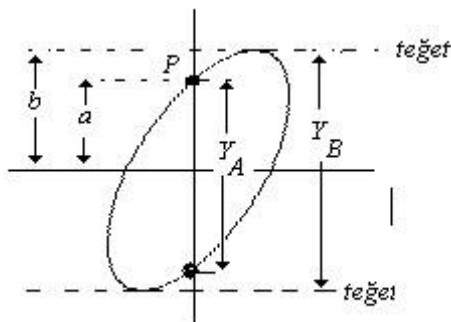
$$x = x_m \sin \theta \quad \text{ve} \quad y = y_m \sin(\theta + \alpha)$$

ile ifade edilebilir. Bunlar ise parametrik elips denklemleridir. (Şekil 4)

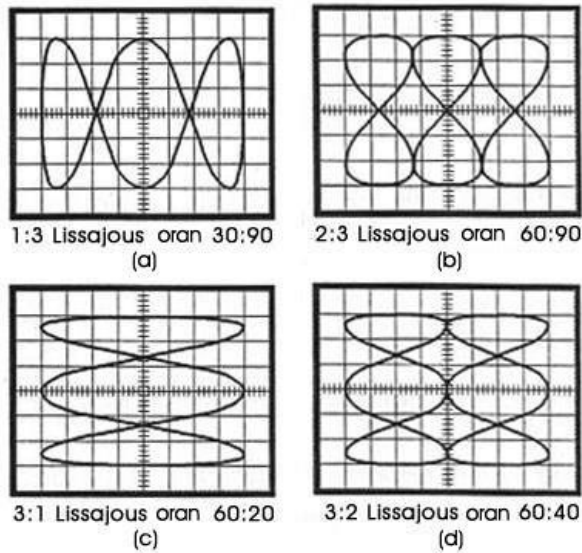
Bu takdirde P noktasında  $x = 0$  ve  $y = a$  olduğundan,  $\varphi = 0 \rightarrow a = b \sin \alpha$  elde edilecek;  $\sin \alpha = a/b$ 'dir. Dolayısıyla  $\alpha$ 'nın iki elektriksel işaretin  $\varphi$  faz farkı olduğu kolayca anlaşılabilir. O halde osiloskop ekranında elde edilen elipsten YA ve YB değerleri ölçülerek faz farkı

$$\sin \varphi = YA/YB \quad \text{veya} \quad \varphi = \text{Arcsin}(YA/YB)$$

bağıntısıyla hesaplanabilir.



Şekil 4. Faz farkının belirlenmesi



Şekil 5. Farklı frekanslı Lissajous şekilleri

Osiloskobun düşey saptırma plakalarına uygulanan sinüs geriliminin frekansı yatay saptırma plakalarına uygulananın 1/3'ü ise Şekil 5'de görülen Lissajous şekli elde edilir. Buna karşılık 3 katı veya 3/2'si olduğunda Şekil 5c ve 5d'deki şekiller oluşur. Frekans oranları en genel halde

$$Hf/Vf = Vt/Ht$$

bağıntısıyla belirlenir. Bu bağıntıdaki  $Hf$  ve  $Vf$  sırasıyla yatay ve düşey saptırma plakalarına uygulanan gerilimlerin frekanslarını,  $Vt$  ve  $Ht$  ise sırasıyla şeklin bir düşey ve bir yatay teğetle olan ortak nokta sayılarını ifade eder. Örneğin Şekil 3-a'daki Lissajous şeklinin yatay teğetle üç düşey teğetle bir ortak noktası olduğundan frekans oranı 1:3'dür. Başka bir deyişle yatay saptırma plakalarına uygulanan gerilim frekansı 50 Hz ise, düşey saptırma plakalarına uygulanan gerilimin frekansı 150 Hz'dir.

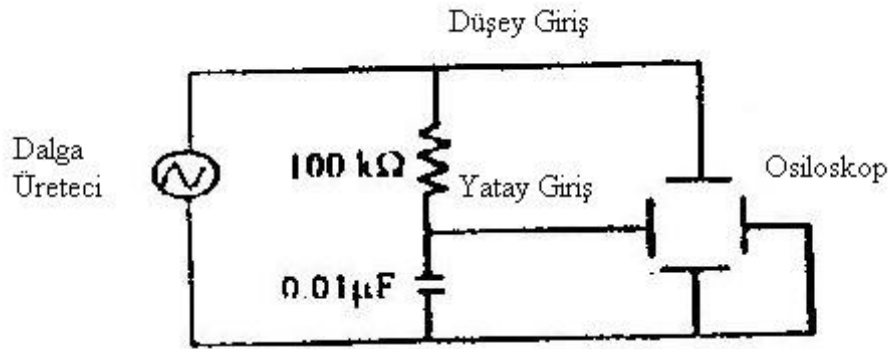
### DENEYİN YAPILIŞI:

1) İki ayrı dalga üretici kullanarak osiloskopun yatay ve düşey girişlerine  $V_x(t)$  ve  $V_y(t)$  sinüsoidal sinyallerini uygulayın. Osiloskobu x-y konumuna getirin. Sinyallerden birinin frekansı sabit iken diğer sinyalin frekansını yavaş bir şekilde değiştirerek osiloskop ekranında kapalı bir eğri elde edin (Şekil 2). Bu eğri için;

- i) dalga üreticilerin (sinyal jeneratörlerin) frekanslarını kullanarak,
- ii) osiloskop ekranında elde ettiğiniz iki dalganın frekanslarını bularak (bkz. Deney 9)

$\omega_x/\omega_y$  oranını hesaplayınız. (i) ve (ii)'den elde edilen sonuçları yorumlayınız.

2) Şekildeki devreyi kurunuz. Osiloskop x-y konumunda iken YA ve YB'yi ölçüp faz farkını bulunuz.



Şekil 6. Faz farkını ölçmek için kurulacak devre

### SORULAR

1. KIT'in havası neden boşaltılmıştır?
2. Osiloskopta elde edilen Şekil 4'teki eğriler için faz farkının  $\phi = \text{Arcsin}(Y_A/Y_B)$  olduğunu gösteriniz.
3. Lissajous eğrileri ifadesini tanımlayınız.  $T_x/T_y$  oranları 2, 3/2, 1/3 ve 2/3 olan Lissajous şekillerini çizin ve kısaca açıklayınız.