

EĞİTİM FAKÜLTESİ
GENEL FİZİK LAB-3
DENEY KİTAPÇIĐI

Y.T.Ü.
Eđitim Fakóltesi
2015-2016 Güz Yarı Yılı Genel Fizik-3 Laboratuvarı

Adı ve Soyadı:
Numara:

<i>Fotođraf</i>

O-2	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-9	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-4	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-13	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
-------------	----------------	------------

O-5	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

I-1	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-6	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

I-2	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

Deney Adı

- O-2** Young Çift Yarık Deneyi
- O-4** Aynalar
- O-5** Gonyometre
- O-6** Işıktaki Kırınım Olaylarının incelenmesi
- O-9** Optik Aygıtlar
- O-13** Işık Hızının Ölçümü
- I-1** Buzun Ergime Gizli Isısının Bulunması
- I-2** Katı Bir Cismin Özgül Isısı

Deney Sorumlusu

- Nimet YILMAZ CANLI
- Zeynep GÜVEN ÖZDEMİR
- Ayşegül ÇELİK BOZDOĞAN
- Nimet YILMAZ CANLI
- Zeynep GÜVEN ÖZDEMİR
- Ayşegül ÇELİK BOZDOĞAN
- Kenan KOÇ
- Kenan KOÇ

Y.T.Ü.
Eđitim Fakóltesi
2015-2016 Güz Yarı Yılı Genel Fizik-3 Laboratuvarı

Adı ve Soyadı:
Numara:

<i>Fotođraf</i>

O-2	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-9	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-4	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-13	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
-------------	----------------	------------

O-5	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

I-1	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

O-6	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

I-2	<u>İmza ve</u>	<u>NOT</u>
------------	----------------	------------

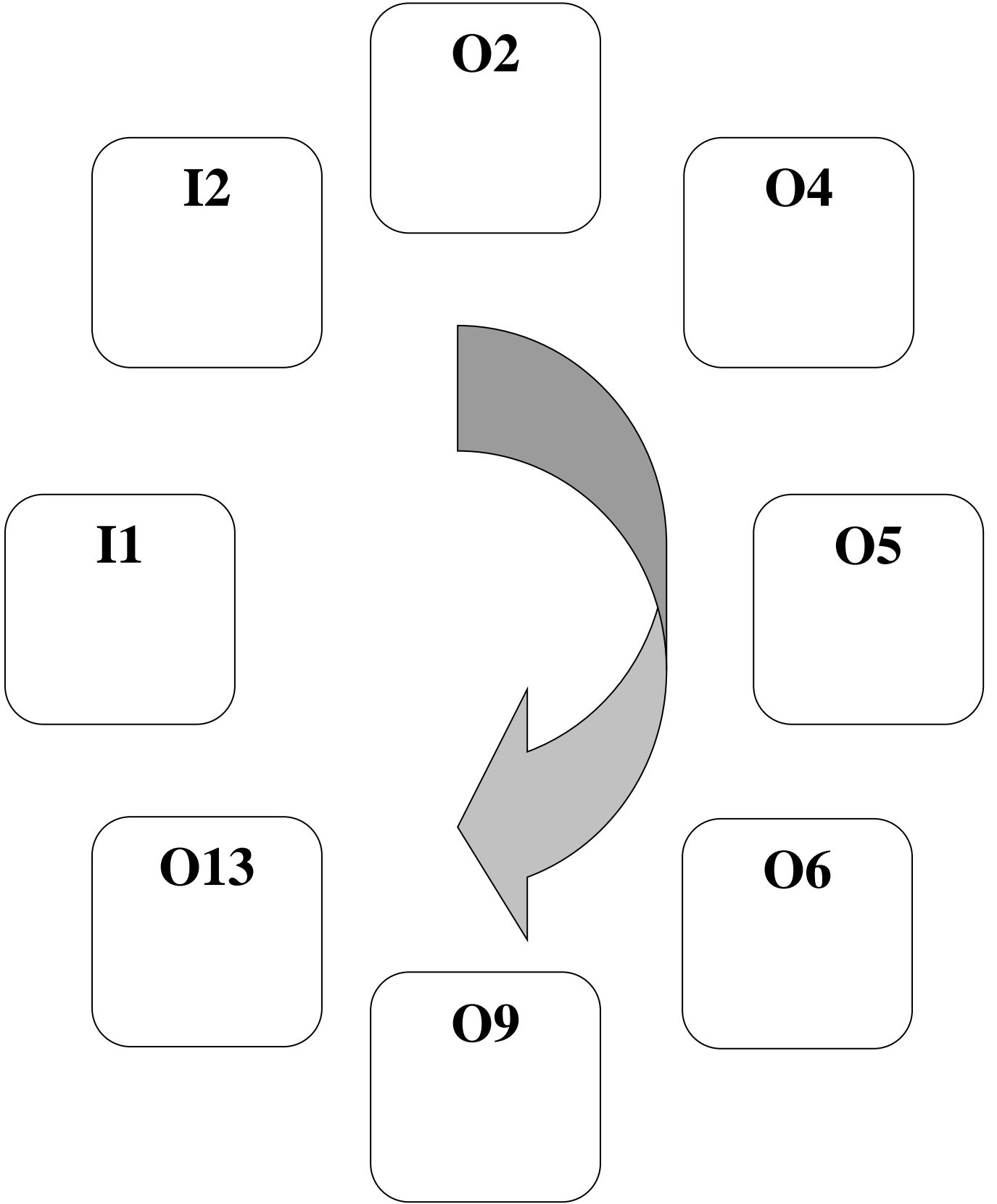
Deney Adı

- O-2** Young Çift Yarık Deneyi
- O-4** Aynalar
- O-5** Gonyometre
- O-6** Işıktaki Kırınım Olaylarının incelenmesi
- O-9** Optik Aygıtlar
- O-13** Işık Hızının Ölçümü
- I-1** Buzun Ergime Gizli Isısının Bulunması
- I-2** Katı Bir Cismin Özgöl Isısı

Deney Sorumlusu

- Nimet YILMAZ CANLI
- Zeynep GÜVEN ÖZDEMİR
- Ayşegül ÇELİK BOZDOĞAN
- Nimet YILMAZ CANLI
- Zeynep GÜVEN ÖZDEMİR
- Ayşegül ÇELİK BOZDOĞAN
- Kenan KOÇ
- Kenan KOÇ

Deney Çevrimi



Y.T.Ü.
Eđitim Fakóltesi
Genel Fizik Lab-3

KURALLAR

1. Her öğrenci, *deney föyü* ve deney *imza çevrimini* temin etmelidir. İmza çevrimine bir fotoğrafını yapıştırmalıdır.
2. Deneylerde kullanmak üzere, *bir hesap makinesi, cetvel ve milimetrik grafik kağıdı* getirmelidir.
3. Deneye gelmeden önce her öğrenci yapacağı deneyin bilgi kısmına ve deneyin yapılış kısımlarına çalışmalıdır.
4. *Deney raporu tükenmez kalemle yazılmalı, grafikler ise milimetrik grafik kağıdına kurşun kalem kullanılarak çizilmelidir.*
5. **İlk hafta hiçbir şekilde mazeret kabul edilmeyecek ve bütün kurallar uygulanacaktır.**
6. Her öğrenci dönem sonunda, **deney raporlarının tümünü** ve **imza çevrimini** (imzalar tamamlanmış olarak) düzgün bir şekilde bir dosya içinde finalde teslim etmelidir. ***Final günü eksik imzası olanlar sınava alınmayacaktır.***
7. Her öğrencinin tüm deneyler için sadece **iki telafi hakkı** vardır. Bu telafilerden en az biri için resmi mazeret belgesi (Devlet yada özel Hastaneden aldığı doktor raporu) gerekmektedir. Bu durumların dışında ikiden fazla telafisi olan öğrenci dersten **devamsızlık nedeniyle kalır.**
8. Her deney için not sistemi ayrıdır. **Sözlü (%30), deney performansı (% 40), rapor, (%30) kısa sınav (%30)** kriterlerinden alacağınız tüm notlarınızın ortalaması, 1.vize notunuzu teşkil edecektir. 1.Vize haftasında sınav ve deney yapılmayacaktır.
9. **İkinci vize ve final tarihi dönem içerisinde size bildirilecektir.**

I-1 BUZUN ERGİME GİZLİ ISISI

AMAÇ: Buzun ergime gizli ısısının bulunması

BİLGİ

1. Ergime: Isı enerjisi verilen bir katı cismin sıcaklığı, belirli basınç altında her cisim için farklı bir ergime (erime) sıcaklığı veya ergime noktası olarak bilinen bir değere kadar çıkabilir. Isı enerjisinin devamı halinde, cisimde faz değişimi başlar ve cisim katı fazdan veya katı halden sıvı hale dönüşür. Cismin tümü sıvı hale dönüşünceye kadar sıcaklık, ergime sıcaklığında sabit kalır; faz değişimi, yani ergime oluştuktan sonra sıcaklık yeniden artar.

Ergime sıcaklığında bulunan katı cismin birim kütlelerini aynı sıcaklıkta sıvı haline dönüştürmek için gerekli ısı miktarına cismin ergime gizli ısısı denir. Gizli ısının pratikteki birimi cal/g dır. Bu durumda ergime sıcaklığında, kütleleri m olan katı cismi aynı sıcaklıkta sıvı hale dönüştürmek için gerekli ısı miktarı, L cismin ergime gizli ısısı ise,

$$Q = mL \quad (1)$$

bağıntısıyla verilir.

2. Donma: Sıvı haldeki bir madde ısı kaybettiğinde sıcaklık donma (katılaşma) sıcaklığı veya donma noktası olarak anılan belirli bir sıcaklığa kadar azalır. Isı kaybının devamı halinde cisimde, ergimenin tersi olan faz değişimi başlar ve cisim sıvı halden katı hale dönüşür. Bir cismin aynı basınçta ergime ve donma noktaları birbirine eşittir. Donmada, ergime gizli ısısına benzer olarak donma gizli ısısından söz edilir; sabit basınçta bir cismin donma ve ergime gizli ısıları birbirlerine eşittir.

3. Denge Sıcaklığı: Sıcaklıkları farklı cisimlerle izole bir sistem (çevreyle ısı alışverişi önlenmiş bir sistem) oluşturulduğunda sıcak cisimler soğur, soğuk cisimler ısınır; bir süre sonra bütün cisimlerin sıcaklığı eşit olur. Bu duruma termik denge denir ve bu ortak sıcaklık denge sıcaklığı diye anılır. Cisimlerin ısı alışverişlerindeki ısı miktarlarının eşitliğinde faz değişimleri de göz önünde bulundurulur. Örneğin ısı veren m_1, m_2, \dots, m_p kütleli cisimler tarafından alınır ve de bu cisimlerin q adedinde faz değişimi (ergime) söz konusu ise, alınan verilerin eşitliği, (1) bağıntısı yardımıyla,

$$\sum_k m_k c_k T + \sum_l m_l L_l = \sum_p m_p c_p T + \sum_q m_q L_q \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir.

I-1 BUZUN ERGİME GİZLİ ISISI

DENEY RAPORU

1. Aralarında ısıl bakımdan yalıtkan hava tabakası kalacak şekilde birbiri içine konmuş iki metal silindirik kap, karıştırıcı, termometre ve ısıyı az ileten bir maddeden yapılmış kapaktan oluşan kalorimetrenin m_k kütlesi belirlendi ve sonuç Tablo 1'e işlendi.
2. Kalorimetre kabı içine bir miktar su (yaklaşık 2/3 üne kadar) konularak kap yeniden tartıldı, suyun m_s kütlesi belirlendi ve Tablo 1'e işlendi.

Tablo 1

$m_k =$	$T_i =$
$c_k =$	$T_s =$
$m_s =$	$m_b =$
$c_s =$	$L =$

3. Kalorimetre kabındaki su karıştırıcıyla ara sıra karıştırılarak (yaklaşık 5 dak) T_i denge sıcaklığının oluşması sağlandı ve T_i Tablo 2'ye işlendi.

Tablo 2

t(dak)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T(°C)																				
$T_i =$																				
$T_s =$																				

4. Kurutma kağıdı ile kurutulmuş bir buz parçası kalorimetre kabının içine atıldı ve kalorimetre kabının kapağı sıkıca kapatıldı. Sistem karıştırıcı ile karıştırılırken 1 dakika ara ile T sıcaklıkları okundu ve T sıcaklığının T_s minimum değeri gözlemlendikten sonra bir müddet daha (yaklaşık 20 dakika) karıştırmaya devam edilerek sıcaklıklar okundu ve değerler Tablo 2'ye işlendi.

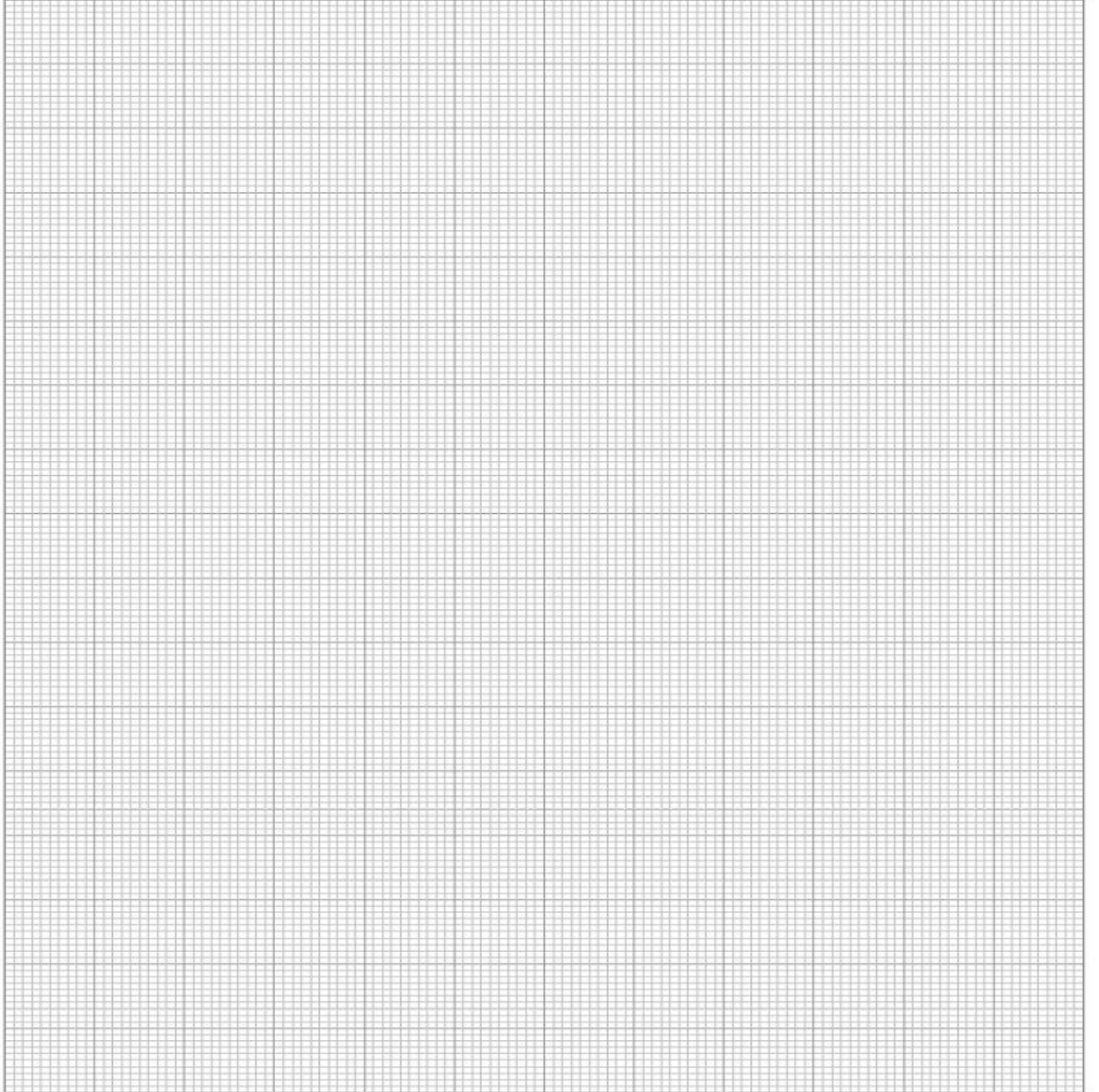
5. Kalorimetre kabı tartılarak, kaba konulan buzun m_b kütlesi belirlendi ve Tablo1'e işlendi.

6. Ölçülen sıcaklık ve belirlenen kütle değerinden, (2) bağıntısının bu sisteme uygulanması ile elde edilen,

$$L = \frac{(m_s c_s + M_k c_k)(T_i - T_s)}{m_b} - c_s T_s \quad (3)$$

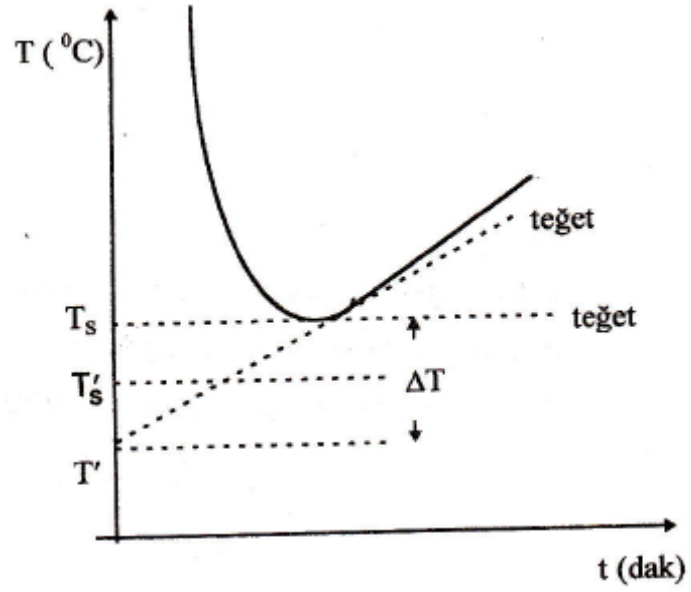
bağıntısı yardımıyla buzun ergime veya donma gizli ısısı hesaplandı ve Tablo 1'e işlendi.

7. Tablo 2 yardımıyla sıcaklıkla zaman arasında Şekil 1'de görülen $T = f(t)$ eğrisi çizildi.



8. Çizilen eğrinin minimum noktasından çizilen teğet T_s “minimum sıcaklığı” belirler.

Ancak kalorimetre kabı oldukça izole bir sistem olmasına karşın çevresinden ısı enerjisi alır ve T_s sıcaklığı teorik olarak ölçülmesi gereken minimum sıcaklıktan daha büyük değerde bulunur. Bu durumda minimum sıcaklığın gerçeğe daha yakın değerini elde etmek için $T=f(t)$ eğrisinin, sıcaklığın yükseldiği kısımdan maksimum eğimli teğeti çizilerek T' sıcaklığı belirlendi. Gerçek minimum sıcaklık T_s ve T' arasındadır; örneğin bu T'_s minimum sıcaklığı ortalama alınarak, yani



Şekil 1

$$T'_s = T_s - \frac{\Delta T}{2} \quad \text{veya} \quad T'_s = T' + \frac{\Delta T}{2} \quad (4)$$

bağıntısıyla elde edilebilir. Bu şekilde $T = f(t)$ eğrisinden elde edilen T' ve ΔT ile (4) bağıntısından bulunan T'_s değerleri Tablo 3'e işlendi.

9. T'_s değeri yardımıyla (3) bağıntısından L' değeri hesaplanır ve Tablo3'e işlendi.

10. Gözlenen minimum T_s sıcaklığı kullanılarak hesaplanan L ile eğriden bulunan T'_s kullanılarak elde edilen L' yardımıyla deneyde yapılan bağıl hata,

$$\left| \frac{\Delta L}{L'} \right| = \frac{|L' - L|}{L'} \quad (5)$$

bağıntısından hesaplandı ve sonuçlar Tablo 3'e işlendi.

Tablo 3.

$$T_s =$$

$$T' =$$

$$\Delta T =$$

$$T'_s =$$

$$L =$$

$$\frac{\Delta L}{L} =$$

$$L' =$$

I-2 KATI BİR CİSMİN ÖZGÜL ISISI

AMAÇ: Bir katı cismin spesifik ısısının karışım yöntemi ile bulunması.

BİLGİ

1. Termik ve Kalorik Büyüklükler: Sıcak, soğuk v,s, olarak nitelendirilen cisimlerin bu özellikleri nedeniyle davranışlarında veya enerjilerindeki değişimleri inceleyen termodinamikte, termik ve kalorik büyüklüklerden yararlanır.

Sıcaklık: Sıcaklık maddeyi oluşturan atom ve moleküllerin titreşim genlikleri veya hareket hızları ile ilgili bir fiziksel büyüklüktür. Pratikte sıcaklığın birimi °C, yani Celsius (Centigrade) derecesi olup suyun normal basınçta kaynadığı sıcaklık 100°C, donduğu sıcaklık 0°C alınarak ve bu aralık 100' e bölünerek belirlenir. Bir cismin sıcaklığı, pratikte sıcaklık ile doğru orantılı (lineer) bir değişim (genleşme, elektrik direnci, vs.) gösteren fiziksel özelliklerden yararlanılarak yapılan termometrelerle ölçülür.

Isı Miktarı veya Isı Enerjisi: “Isı”, mekanik enerji, elektrik enerjisi... vs. gibi bir enerji türüdür. Pratikte ısı birimi olarak (cal) kullanılır, Kalori 1 gram suyun sıcaklığını 1°C arttırmak için gerekli ısı miktarıdır. Isı bir enerji türü olduğuna göre kalori cinsinden verilmiş enerji miktarı Joule cinsinden de ifade edilebilir. Bunun için gerekli dönüşüm katsayısı da pratikte 4.18 Joule/cal dir.

Isı Kapasitesi: Cismin sıcaklığını 1°C değiştirmek için cisme verilmesi veya cisimden alınması gereken ısı miktarına genellikle “ısı kapasitesi” (ısı sığası) veya “ cismin su cinsinden değeri” denir. Cismin sıcaklığını ΔT kadar değiştiren ısı miktarı ΔQ ise C ısı kapasitesi

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (1)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Pratikte ısı kapasitesinin birimi cal/°C dir.

Spesifik Isı: Cismin birim kütlesinin ısı kapasitesine “spesifik ısı” (özümlü ısı) denir ve cismin birim kütlesinin sıcaklığını 1°C değiştirmek için gerekli ısı miktarı olarak tanımlanır. Pratikte spesifik ısının birimi cal/g°C dir. Spesifik ısı, m cismin kütlesi olmak üzere,

$$c = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (2)$$

bağıntısı ile verilir. Buna göre cismin ısı kapasitesi,

$$C = mc \quad (3)$$

ve cismin sıcaklığını ΔT kadar değiştiren ısı miktarı da

$$Q = mc\Delta T \quad (4)$$

bağıntıları ile verilebilir. Spesifik ısı cismin cinsine ve sıcaklık değişimine bağlıdır, Ancak sıcaklıkla değişim çok az olduğundan (örneğin suyun spesifik ısısı 0°C ile 100°C arasında %1 den daha az bir değişim gösterir) belirli bir sıcaklık aralığı için spesifik ısının sabit kaldığı kabul edilebilir.

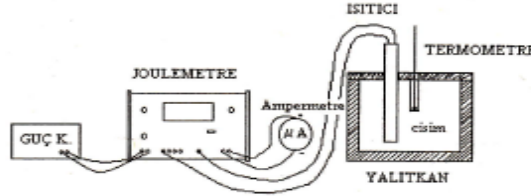
2. Dulong Petit Yasası: Metallerin spesifik ısıları atom ağırlıkları arttıkça genellikle azalır; ancak molar ısı kapasiteleri (atom ısısı), yani metallerin atom ağırlıkları ile spesifik ısılarının çarpımı $6 \text{ cal/mol}^\circ\text{C}$ civarındadır. Buna Dulong-Petit kanunu denir. Başka bir deyimle Dulong-Petit kanununa göre bütün metallerin molar ısı kapasiteleri, yaklaşık -150°C nin üstündeki sıcaklıklar için $6 \text{ cal/mol }^\circ\text{C}$ lık sabit bir değerdedir.

3. Termik Denge: Sıcaklıkları farklı cisimlerle izole bir sistem (çevreyle ısı alış-verişi önlenmiş sistem) oluşturulduğunda sıcak cisimler soğur, soğuk cisimler ısınır; bir süre sonra bütün cisimlerin sıcaklıkları eşit olur. Bu duruma “termik denge” denir ve bu ortak sıcaklık “denge sıcaklığı” olarak anılır. İzole bir sistemin toplam enerjisi sabit kaldığına göre, termik dengenin oluşabilmesi için sıcak cisimlerin ısı vermeleri, soğuk cisimlerin de aynı miktar ısıyı almaları gerekir; verilen ısı miktarının toplamı, alınan ısı miktarının toplamına eşittir.

$$\sum Q_V = \sum Q_A \quad (5)$$

I2- KATI BİR CİSMİN ÖZGÜL ISISI DENEY RAPORU

1. Spesifik ısısı belirleyeceğimiz cismi çift tartı yöntemiyle tartık m_c cisim kütlelerini belirledik ve Tablo'ya işledik.
2. Cisim yalıtkan içerisine, ısıtıcı ve termometre ise cisim içindeki yerlerine konularak Şekildeki devre kuruldu.



3. Cismin sıcaklığı (T_c) termometreden okunarak Tablo'ya işlendi.
4. Cismin ısıtılması için julmetre ve güç kaynağı eşzamanlı olarak açıldı.
5. Cisim 90°C ye kadar ısıtılarak (T_s) oluşan sıcaklık farkı için gerekli olan ısı enerjisi julmetreden okundu. Isı enerjisi birimi kalori cinsinden hesaplanarak **Tablo'ya** işlendi.
6. Julmetre ve güç kaynağı kapatılarak cisim yalıtkan kabın içerisinden dikkatlice çıkarıldı.
7. $Q = mc\Delta T$ bağıntısı yardımıyla cismin spesifik ısısı (C_c) bulundu ve Tablo'ya işlendi.
8. Cismin bilinen spesifik ısısı (C'_c) değerinden yararlanılarak deneyde yapılan bağıl hata

$$\left| \frac{\Delta C'_c}{C'_c} \right| = \left| \frac{C'_c - C_c}{C'_c} \right|$$

bağıntısı yardımıyla belirlendi ve Tabloya işlendi.

1. Cisim (.....)	2. Cisim (.....)
$m_c =$	$m_c =$
$T_c =$	$T_c =$
$T_s =$	$T_s =$
$Q =$	$Q =$
$C_c =$	$C_c =$
$C'_c =$	$C'_c =$
$\left \frac{\Delta C'_c}{C'_c} \right =$	$\left \frac{\Delta C'_c}{C'_c} \right =$

O-2 ÇİFT YARIKLA MİKRODALGALARIN GİRİŞİMİ (YOUNG ÇİFT YARIK DENEYİ)

AMAÇ: Çift yarıkla elde edilen girişimden mikrodalgaların dalga boyunun hesaplanması

BİLGİ:

Mikrodalga: Mikrodalga terimi, 1 cm'den 1 m'ye kadar değişen dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgaları açıklamak için kullanılır. Bu dalga boylarına karşılık gelen frekans aralığı 300 MHz'den 30 GHz'e kadardır.

Işığın Dalga Modeli: Işığın dalga yapısını gösteren üç temel olay; girişim, kırınım ve polarizasyondur.

Girişim: İki veya daha çok dalga birbirlerinden bağımsız şekilde aynı ortamda ilerleyebilirler. Fakat iki farklı dalga aynı anda aynı uzay noktasında bulunurlarsa, buna dalgaların *üst üste binmesi* (süper pozisyon) denir. Girişim; iki veya daha fazla dalganın üst üste binerek, yeni bir dalga şeklinde sonuç vermesidir. İki elektromanyetik(e-m) dalga, e-m dalgayı oluşturan elektrik ve manyetik alan vektörleri vektörel olarak toplanabildiği için girişim yaparlar. Girişim sonucu o uzay noktasında var olan yeni bir elektrik alan ve manyetik alan değerlerine sahip bir e-m dalga oluşur.

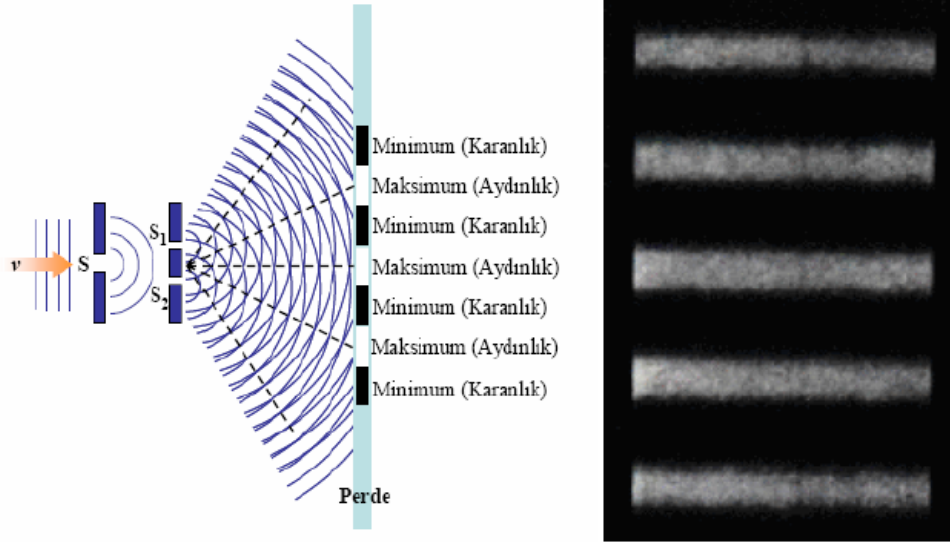
İki farklı kaynaktan gelen e-m dalgaların girişim oluşturabilmeleri için:

1. Kaynaklar koherent (faz uyumlu) olmalıdır. Kaynakların koherent olması; kaynaklar tarafından üretilen dalgaların ya aynı fazda ya da aralarında sabit bir fazın olması demektir.
2. Kaynaklar tek dalga boylu (monokromatik) olmalıdır.

İki dalganın dalga boyu değerleri aynı ise mevcut uzay bölgesinde *yapıcı (kuvvetlendirici) girişim*, yada *yıkıcı (yok edici) girişim* yaparlar. Eş dalga boylu ve eş fazlı iki veya daha fazla dalga üst üste bindiğinde (tepeleri veya çukurları çakışık), iki dalganın genliklerinin toplamı kadar genliğe sahip yeni bir dalga oluşur. Böyle bir dalga oluştuğunda bu olaya *yapıcı girişim* denilmektedir. İki özdeş dalga, birinin tepesi diğerinin çukuruyla çakışacak şekilde üst üste binerse *yıkıcı girişim* yaparak birbirlerini söndürürler.

Çift Yarıқта Girişim: Küçük bir S yarığı, monokromatik bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında, S yarığı Huygens prensibine göre bir kaynak gibi davranır. Bu yarıktan geçen ışık dalgaları koherent özelliğine sahip olacaktır. Çünkü yarığın boyutları çok küçük olduğundan, ışık kaynağından gelen ışık dalgalarından ancak bir teki belli bir anda yarıktan geçebilir. Yarığın arkasına üzerinde iki tane yarık bulunan bir yüzey yerleştirilirse, iki koherent ışık kaynağı elde edilmiş olur. Koherent dalgaların üst üste binmesi sonucu, bir

ekran üzerinde art arda yer alan *aydınlık (maksimum)* ve *karanlık (minimum)* bantlardan oluşmuş desene *girişim deseni* denir. S_1 ve S_2 'den çıkan ışık dalgaları, ekranda herhangi bir noktada yapıcı girişim oluşturlarsa aydınlık, yıkıcı girişim oluşturlar ise karanlık bantlar oluşur. Bu aydınlık ve karanlık bantlara saçak denir.



Şekil 1. Çift yarıқта girişim deneyinin geometrisi

Yarıklardan çıkan dalgalar perdeye L_1 ve L_2 yollarını alarak ulaşırlar (Şekil 3). L_1 ve L_2 yolları arasındaki fark $L_2 - L_1 = d \sin \theta$ şeklindedir. Yol uzunluğu farkı $\Delta L = L_2 - L_1$ 'dir. Eğer ΔL sıfır veya dalga boyunun tam katları ise, bu dalgalar aynı fazda perdeye ulaşarak yapıcı girişim yaparlar. Yol uzunluğu farkı dalga boyunun yarı katları ise (yani iki dalga arası faz farkı 180° ise) dalgalar yıkıcı girişim yaparlar.

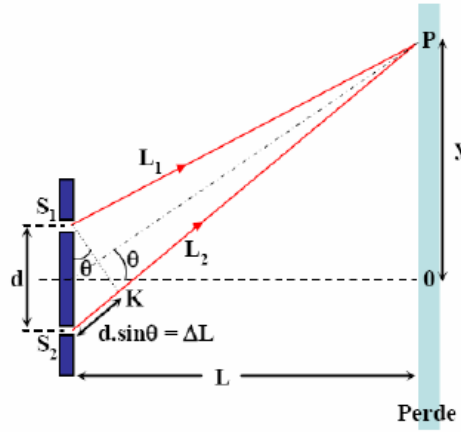
Yapıcı girişim şartı;

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

Yıkıcı girişim şartı;

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

Burada m mertebe numarasıdır. Merkezi parlak saçak sıfıncı mertebeden maksimumdur ve merkezi saçığın her iki tarafındaki ilk maksimumlara (parlak saçaklara) birinci mertebeden maksimum denir. Yok edici girişimde de karanlık saçaklar mertebe ile ifade edilir.



Şekil 2: Perdede girişim deseni oluşumunun geometrik gösterimi

Şekil 2’de mikrodalga kaynağından çıkan bir dalganın S_1 ve S_2 yarıklarına doğru yayılarak orada iki dalgaya ayrılmasını ve merkezi eksen y uzaklığındaki P noktasında dalgaların girişimini gösterir. P noktasında girişim yapan dalgalar L_1 ve L_2 yollarını almıştır. Bu iki dalganın aldıkları yol farkı

$$\Delta L = L_1 - L_2 = d \sin \theta \quad (3)$$

yazılabilir. Burada d yarıklar arası mesafedir. Eğer P noktasına ulaşan dalgalar için yol farkı, $\Delta = (2n + 1)\lambda/2$ ise girişim yok edicidir. Şu halde yok edici girişim yerleri,

$$\sin \theta = \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}}$$

(4)

olduğundan

$$d \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} = (n + \frac{1}{2})\lambda \quad n=0, 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

bağıntısı ile belirlenir. Eğer P noktasına ulaşan dalgalar arasındaki yol farkı $n\lambda$ ise girişim kuvvetlendiricidir. Kuvvetlendirici girişim yerleri

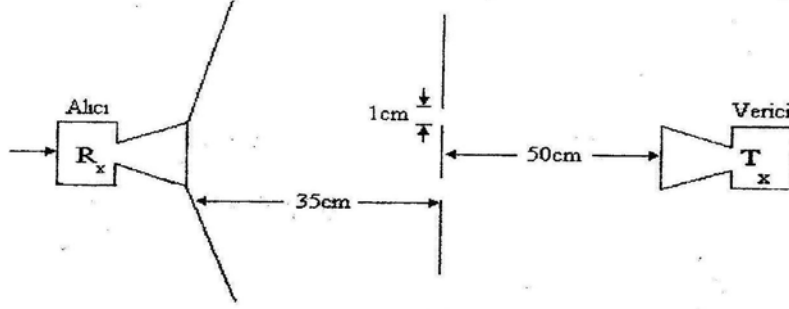
$$d \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} = n\lambda \quad n=1, 2, 3, \dots \quad (6)$$

ile belirlenir.

O-2 YOUNG ÇİFT YARIK DENEYİ

DENEY RAPORU

1. Şekil 6'daki deney düzeneği hazırlandı. Bu düzenekte, mikrodalgaları yayan bir verici (T_x), bir sinyal alıcısı (R_x) ve çift yarığı oluşturmak için iki büyük ($210 \times 210 \text{ mm}^2$) ve bir küçük ($210 \times 60 \text{ mm}^2$) levha bulunur. Düşey yarıkların her biri $x=1 \text{ cm}$ genişlikte olacak şekilde levhalar ayarlandı. T_x ve R_x 'in çıkış uçları yatay doğrultuda olacak şekilde destekler üzerine yerleştirildi.



Şekil 6

2. $100 \mu\text{A}$ 'lık ampermetreye bağlı alıcı (R_x), düşey iki yarıktan yaklaşık 50 cm uzaklıkta levhalara paralel bir doğru boyunca 1 cm aralıkla hareket ettirilerek bu seri konumlar için ölçümler alınır. Elde edilen değerler Tablo-1'e işlendi ve bu yarığın genişliği için $I = f(y)$ grafiği çizildi.

$x=1$ cm için;

Tablo-1

y_+ (cm)	$I(\mu A)$	y_- (cm)	$I(\mu A)$
0		0	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6		6	
7		7	
8		8	
9		9	
10		10	
11		11	
12		12	
13		13	
14		14	
15		15	

3. Grafikteki yol farkının sıfır olduğu girişim maksimum noktasının sağındaki veya solundaki $n = 0$ değerine karşılık gelen girişimin minimum noktası kullanarak (5) bağıntısından mikrodalgaların dalgaboyu hesaplandı.

$$d \frac{y}{\sqrt{e^2 + y^2}} = (2n + 1) \frac{\lambda}{2} \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

↓

$$\Rightarrow \lambda_1 =$$

4. $n = 1$ 'e karşılık gelen ilk girişim maksimum noktası (grafiğin sağındaki veya solundaki) kullanılarak (6) bağıntısından dalgaboyu hesaplanır. Elde edilen sonuçların ortalaması bulunur.

$$d \frac{y}{\sqrt{e^2 + y^2}} = n \frac{\lambda}{2} \quad n = 1, 2, \dots \quad (6)$$

↓

$$\Rightarrow \lambda_2 =$$

5. Bulunan bu iki dalgaboyunun ortalaması alınarak ve kullanılan mikrodalgaların gerçek değeri kullanılarak deneyde elde edilen dalgaboyu hesaplarında yapılan bağıl hata bulunur.

$$\lambda_{Ortalama} =$$

$$\frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_{Gerçek}} =$$

O-4 AYNALAR

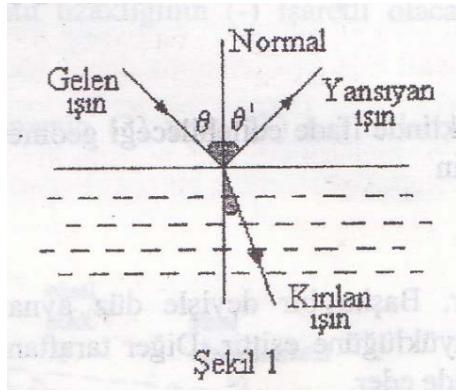
AMAÇ: Düz, çukur ve tümsek aynalarda görüntü oluşumu ve ilgili büyüklüklerin belirlenmesi.

BİLGİ:

Yansıma: Su yüzeyine düşen bir ışın demetinin bir kısmının su içine girerek kırıldığı, bir kısmının ise su yüzeyinden yansıdığı bilinmektedir. Ayrıca su yüzeyine düşen ışın demetinin ve yansıyan ışınların su yüzeyinin normali ile eşit açı yaptıkları da kolaylıkla belirlenebilir (Şekil 1). Buna *yansıma yasası* denir ve

$$\theta = \theta' \quad (1)$$

açısal eşitliği ile ifade edilir.

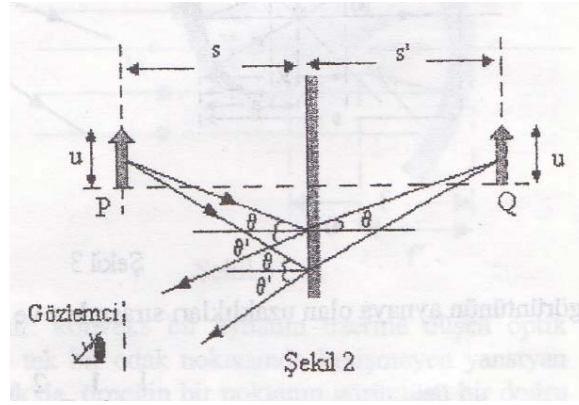


Düz Ayna: Üzerine düşen ışınların büyük bir kısmını, hemen hemen tamamını yansıtan bir cisim *ayna* olarak adlandırılır. Işınların yansıtıldığı yüzey, kısaca yansıma yüzeyi düzlem olan cisimler *düz (düzlem) ayna* olarak adlandırılırlar. Işınlar düz bir aynada yansıtıldıktan sonra birbirlerine yaklaşmazlar veya uzaklaşmazlar; kısaca “düz bir ayna ışığı odaklamadan yansır”.

Bir düz ayna önündeki bir cisimden yayılan ışınlar ayna yüzeyinde yansır; ancak bunların doğrultuları aynanın arka tarafında kesişerek cismin görüntüsünü oluşturur. Bu görüntü bir ekran üzerine düşürülebilirse *gerçek (hakiki) görüntü*; düşürülemezse *sanal (zahiri) görüntü* olarak adlandırılır. Başka bir deyişle *yansıyan ışınlar görüntüyü oluşturursa hakiki görüntü; yansıyan ışın doğrultuları görüntüyü oluşturursa sanal görüntü* elde edilir.

Cismin aynaya olan *s* uzaklığına *cisim uzaklığı*; görüntünün aynaya olan *s'* uzaklığına ise *görüntü uzaklığı* denir. Düz ayna için

$$u = -u' \quad (2)$$



dir. Bu bağıntıdaki (-) işareti görüntünün sanal olduğunu belirtir. Dolayısıyla düz ayna ile gerçek görüntü elde edilemeyeceği anlaşılabilir. Diğer taraftan cisim ile görüntüyü birleştiren ve ayna düzlemine dik olan PQ doğrusu da çok zaman *optik eksen* olarak adlandırılır. Diğer taraftan aynanın uzay parçasının, önünde ve arkasında olmak üzere iki kısma ayrıldığı söylenebilir: ön tarafına, yani yansıyan ışın tarafına *gerçek bölge*; arkasına ise *sanal bölge* denir. Dolayısıyla sanal bölgede oluşan görüntünün sanal; gerçek bölgede oluşanın ise gerçek görüntü oldukları söylenebilir. Ayrıca gerçek bölgedeki cisim ve görüntü uzaklıkları, keyfi olarak (+); diğerindekiler ise (-) işaretle ifade edilirler. İşte bu nedenle (2) bağıntısındaki görüntü uzaklığı için (-) işareti kullanılır.

Şekil 2'deki cismin büyüklüğü h_0 , sanal görüntünün büyüklüğü ise h_i ise

$$m = \frac{h_i}{h_0} \quad (3)$$

oranına *büyütme* denir. Ancak bu büyütmenin yukarıdaki keyfi kabullerle

$$m = \frac{h_i}{h_0} = -\frac{u'}{u} \quad (3')$$

şeklinde ifade edilebileceği geometrik olarak kanıtlanabilir. Dolayısıyla düz bir ayna için

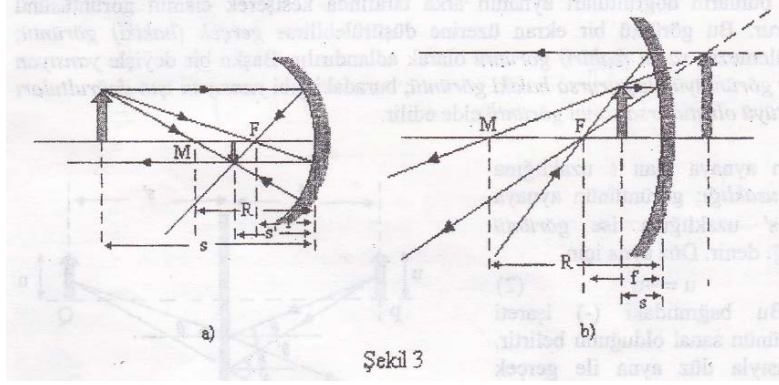
$$m = -\frac{u'}{-u} = +1 \quad (3'')$$

dir. Başka bir deyişle düz ayna ile oluşturulan görüntünün büyüklüğü, cismin büyüklüğüne eşittir. Diğer taraftan (3'') deki (+) işareti, cisme göre ters olmadığını ifade eder.

Küresel Aynalar: Yansıtıcı yüzeyi, bir kürenin yüzey parçasının iç veya dış yüzü olan ayna *küresel ayna* olarak adlandırılır. Küresel aynalar, *konkav* (*çukur*) ve *konveks* (*tümsek*) gibi adlandırılarak iki grupta toplanırlar: bazen bunlar *içbükey* ve *dışbükey* ayna olarak da adlandırılırlar. Küresel bir aynanın bir çapı boyunca ince bir kesit alınırsa, büyük bir yaklaşımla *silindirik ayna* elde edilir.

Konkav bir ayna ile eğer cisim Şekil 3a'daki gibi aynanın M eğrilik merkezinden daha uzakta ise gerçek bir görüntü elde edilir. Aynanın R eğrilik yarıçapı ile cismin ve görüntünün aynaya olan uzaklıkları sırasıyla s ve s' gerçek tarafta olduklarından

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R} \quad (4)$$



bağıntısını geometrik olarak kanıtlamak mümkündür. Ancak bu bağıntı, R/2 uzaklığındaki F odak noktası, ve bu noktanın aynaya olan

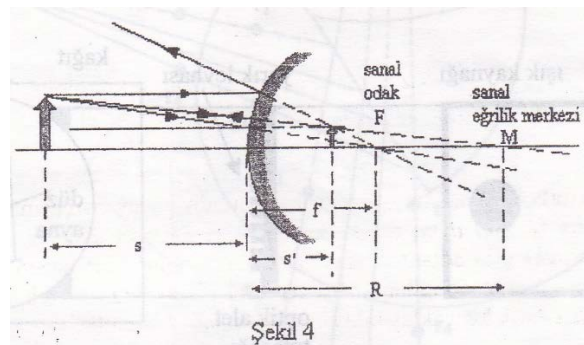
$$f = \frac{R}{2} \quad (5)$$

uzaklığı *odak uzaklığı* olarak tanımlanırsa

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad (4')$$

şeklinde ifade edilebilir. Buna karşın cisim, Şekil 3b'deki gibi ayna ile odak uzaklığı arasında ise sanal bir görüntü elde edilir. Bu durumda (4) ve (4') bağıntıları geçerlidir: ancak görüntünün sanal olması veya s' uzaklığının sanal olması yada s' uzaklığının sanal tarafta olması nedeniyle görüntü uzaklığının (-) işaretli olacağı unutulmamalıdır.

Diğer taraftan konkav bir ayna ile oluşan büyütmenin (3) ve (3') bağıntılarıyla hesaplanabileceği aşikardır.

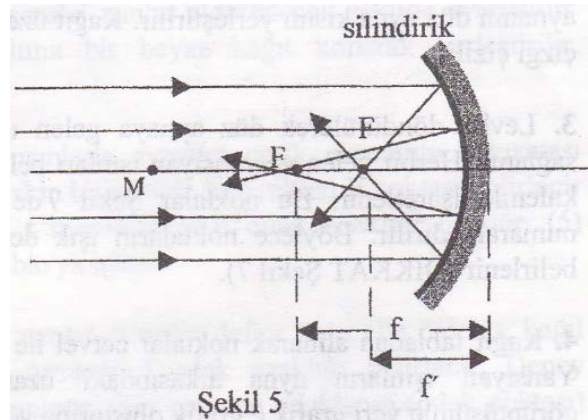


Konveks bir aynada ise görüntü düz aynada olduğu gibi sanaldır (Şekil 4). Bu ayna içinde (4), (4') ve (3) bağıntıları geçerlidir: ancak eğrilik r yarıçapının, f odak uzaklığının ve görüntü uzaklığının sanal tarafta oldukları, dolayısıyla işaretlerinin (-) olacakları unutulmamalıdır.

Açıklık Kusuru: Küresel veya silindirik bir konkav aynanın optik eksenine paralel olarak gelen ışınların tek bir noktaya odaklanamadıkları görülür. Şekil 5'de görüldüğü üzere küresel aynanın sınırına yakın noktalardan yansıyan ışınlar ayna merkezine daha yakın (F') bir noktada odaklanırlar; buna karşılık aynanın optik eksenine yakın noktalardan yansıyan ışınlar ayna merkezine daha uzak (F) noktasında odaklanırlar. Bu durum konveks aynalarda da gözlenir: konveks bir aynanın üzerine düşen optik eksenine paralel ışınlarla, doğrultuları tek bir odak noktasında kesişmeyen yansıyan ışınlar elde edilir. Bunun sonucu olarak da, örneğin bir noktanın görüntüsü bir doğru parçası olarak oluşur: başka bir deyişle görüntünün bozulması sözkonusudur. Merceklerde de sıkça rastlanan bu istenmeyen durum *açıklık kusuru* (*aberrasyon*) olarak adlandırılır. Küresel veya silindirik aynalar ne kadar iyi yansıtıcı madde ile kaplanmış olsalar dahi açıklık kusurunu tümüyle önlemek mümkün değildir. Açıklık kusurunun, “tek tenk (kromatik)”, “doğrusal”, “küresel”... v.s. açıklık kusuru olarak adlandırılan çeşitli türlerinden sözedilir. Aynalarda oluşan başlıca açıklık kusuru, küresel veya silindirik açıklık kusurundan ileri gelir. Aynaların Δf açıklık kusuru

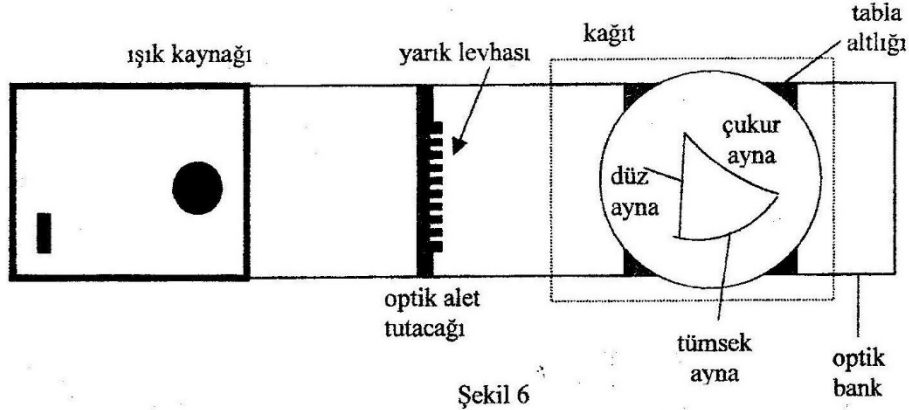
$$\Delta f = f - f' \quad (6)$$

bağıntısı ile belirlenir.



O-4 AYNALAR DENEY RAPORU

1. Düz ve silindirik aynalarda görüntünün oluşturulmasında ve yapılacak ölçümlerde, Şekil 6'da görülen optik deney bankından yararlanır. Bu bank bir ışık kaynağı, tutucu tarafından taşınan bir yarık levhası ile aynaların üzerine konacağı dönebilen bir plakadan oluşur. Işık kaynağının ve yarık levhasının konumları ayarlanarak keskin ve kolayca görülebilir bir ışın demeti elde edildi (Şekil 6).

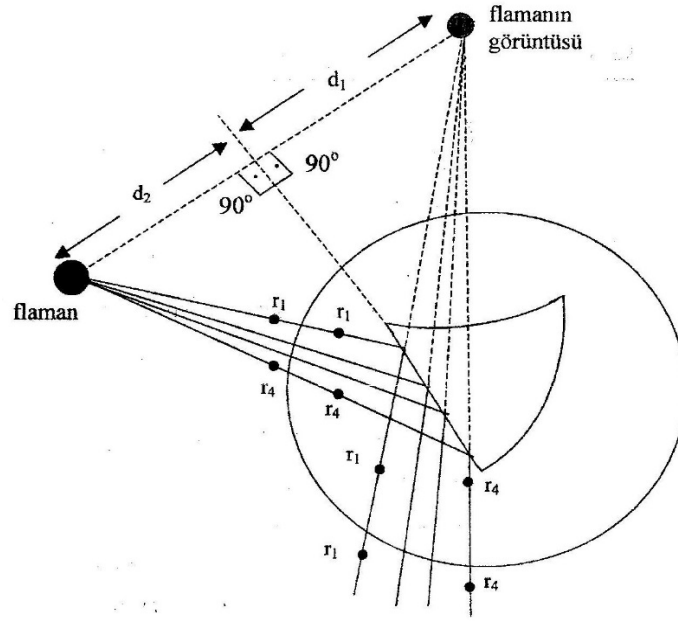


2. Döner tabla üzerine beyaz bir kağıt, onun üzerine çok amaçlı (düz ve silindirik) aynanın düz ayna kısmı yerleştirilir. Kağıt üzerine aynanın düz kenarını belirleyen bir çizgi çizildi.
3. Levha döndürülerek düz aynaya gelen ışınların belirli bir açı ile yansımaları sağlandı. Her bir gelen ve yansıyan ışınları belirlemek için kağıt üzerinde ikişer nokta kalemle işaretlendi. Bu noktalar Şekil 7'de gösterildiği gibi r_1, r_2, \dots v.s şeklinde numaralandırıldı. Böylece noktaların ışık demetindeki hangi ışına karşılık geldiği belirlendi (DİKKAT Şekil 7).
4. Kağıt tabladan alınarak noktalar cetvel ile Şekil 7'de gösterildiği gibi birleştirilir. Yansıyan ışınların ayna arkasındaki uzantıları kesiştirilerek ışık kaynağının görüntüsünün yeri grafik ("grafik oluşturma yöntemi") olarak belirlenir.
5. Işık kaynağının ve görüntünün ayna düzlemine olan, sırasıyla s ve s' uzaklıkları bir cetvelle ölçüldü. Böylece (2) bağıntısının geçerliliği belirlendi. Sonuçlar Tablo'ya işlendi.

$$s =$$

$$s = -s'$$

$$s' =$$



Şekil 7

6. Çukur ayna ile yapılacak ölçümlerde aynı deney düzeneğinden yararlanıldı: ancak paralel ışınlar elde etmek amacıyla, Şekil 8a'da görüldüğü üzere bir paralel ışın merceği kullanıldı. Merceğin konumu paralel ışınlar elde edecek şekilde ayarlandı. Çukur ayna döner tabla üzerine, altına bir beyaz kağıt konularak yerleştirildi (DİKKAT Şekil 8).
7. Döner tabla döndürülerek paralel ışınlarla aynanın optik ekseninin çakışması sağlandı. Aynadan yansıyan ışınların keskin bir şekilde kesiştikleri F noktası belirlendi (Şekil 8b); F noktasının aynaya olan f mesafesi, yani odak uzaklığı ölçüldü. (5) bağıntısından R hesaplandı, sonuçlar Tablo'ya işlendi.

Çukur ayna için; $f =$

$$f = R/2 \quad \Rightarrow \quad R = 2.f =$$

8. İki ışın çifti kesiştirilir ve diğer tüm ışınlar, örneğin defter veya elle önlenir; kağıt üzerinde kesişme noktası işaretlenir. Aynanın f odak uzaklığı belirlenir. Deney değişik ışık çifti için tekrarlanır. Tüm ışınların aynı noktada odaklanıp (odak noktası) odaklanmadıkları gözlenerek en büyük Δf farkı hesaplanır; sonuçlar Tablo'ya geçirilir. Böylece (6) bağıntısıyla verilen silindirik sapma belirlenir.

Çukur ayna için; $f =$

$$f' = \quad \Rightarrow \quad \Delta f = f - f' =$$

9. Şekil 8a'da verilen deney düzeneğinden paralel ışın merceği kaldırılır: ayna ışık kaynağından belirli bir uzaklığa getirilerek flamanın, yani cismin görüntüsü oluşturulur. Görüntünün aynaya olan s' mesafesi ölçülerek (4) bağıntısının geçerliliği araştırıldı; sonuçlar Tablo'ya geçirildi.

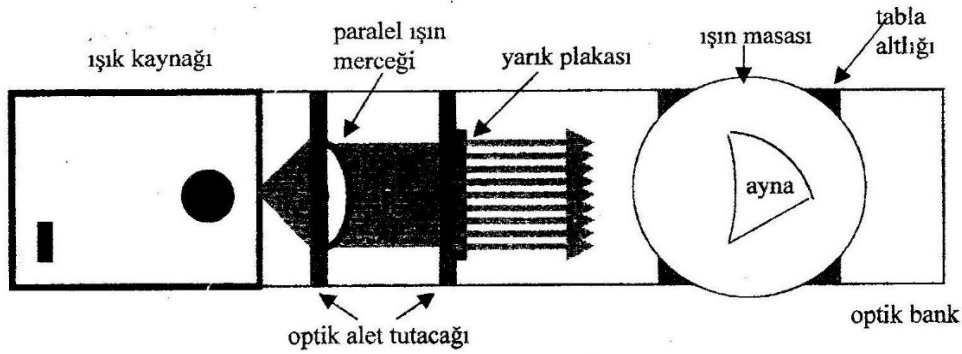
Çukur ayna için;

$$s =$$

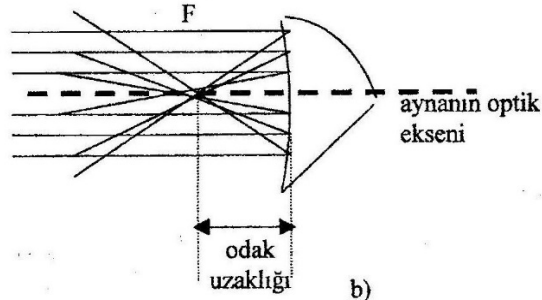
$$s' =$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{f_{hesap}} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} =$$

$$\Rightarrow f_{hesap} =$$



a)



b)

Şekil 8

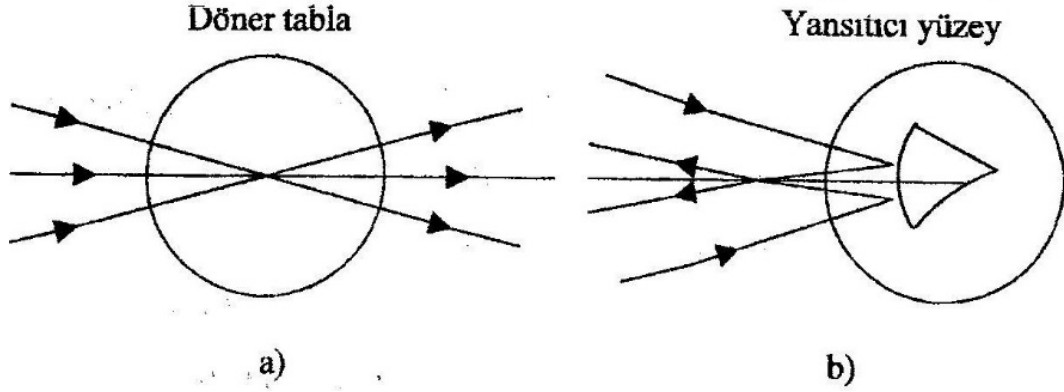
10. Tümsük ayna ile yapılacak ölçümlerde de aynı deney düzeneğinden yararlanıldı; döner tabla üzerine çok amaçlı ayna altına bir beyaz kağıt konarak yerleştirildi. Yukarıda kullanılan paralel ışın merceğinden (Şekil 8a) yararlanılarak paralel ışınlar elde edildi ve bu ışınlarla tümsük aynanın optik ekseninin çakışması sağlandı. Aynanın ışınları yansıttığı yüzeyi (ayna sınırı), yansıyan iki ışın demeti üzerinde ikişer nokta kağıt üzerinde

işaretlendi ve grafik oluşturma yöntemi ile tümsek aynanın f odak uzaklığı ölçülerek belirlenir: aynanın R yarıçapı (5) bağıntısından hesaplandı, sonuçlar Tablo'ya geçirildi.

Tümsek ayna için; $f =$

$$f = R/2 \quad \Rightarrow \quad R = 2.f =$$

11. Deney düzeneğinden çok amaçlı ayna kaldırılarak ışık kaynağından yayılan ışınların, yarık levhasının ve paralel ışın merceğinin konumları değiştirilerek keskin bir şekilde kesişmeleri sağlandı (Şekil 9a). Bu kesişme noktasının döner tabla üzerinde oluşacak şekilde döner levhanın konumu değiştirildi. Döner tablanın yeri sabitleştirilerek üzerine bir beyaz kağıt yerleştirildi ve ışınların kesişme noktası kağıt üzerinde işaretlendi.



Şekil 9

12. Kâğıdın konumu değiştirilmeden üzerine, çok amaçlı aynanın tümsek kısmı gelen ışınları yansıtacak şekilde yerleştirildi: (Şekil 9b) böylece yukarıda kesiştirilen ışınların görüntüsünün tümsek ayna için sanal bir cisim oluşturulması sağlandı.

13. Kâğıt üzerinde aynanın ışınları yansıttığı yüzeyi ve yansıyan iki ışın demeti üzerinde ikişer nokta işaretlendi: grafik oluşturma yöntemi ile bu tümsek ayna ile elde edilen görüntünün aynanın yansıtma yüzeyine olan uzaklığı, yani s' görüntü uzaklığı ölçülerek belirlendi.

Tümsek ayna için;

$$s =$$

$$s' =$$

14. Kâğıt üzerinde sanal cismin aynanın yansıtıcı yüzeyine uzaklığı ölçülebileceğinden (4) bağıntısının geçerliliği araştırıldı: sonuçlar Tablo'ya geçirildi.

Tümsek ayna için;

$$\frac{1}{f_{hesap}} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \Rightarrow f_{hesap} =$$

$$m = -\frac{s'}{s} =$$

Tablo

	f	R	Δf	s	s'	f _{hesap}	h ₀	h _i	m
Düz Ayna									
Çukur Ayna									
Tümsek Ayna									

O-5 GONYOMETRE İLE ÖLÇÜLER

AMAÇ: 1. Bir prizmanın kırın açısının ve minimum sapma açısının gonyometre ile ölçülerek prizmanın yapıldığı camın kırılma indisinin belirlenmesi

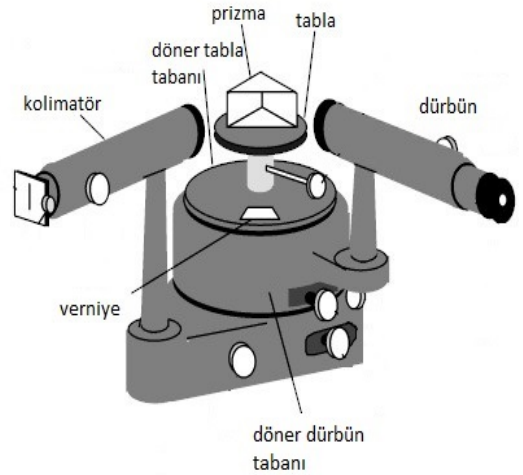
2. Kırılma indisinin ışığın dalgaboyuna bağlılığının incelenmesi

3. Prizmanın dispersiyon gücünün belirlenmesi

4. İçi boş bir prizma yardımıyla çeşitli sıvıların kırılma indislerinin gonyometre ile ölçülmesi

Bilgi:

Gonyometre basitçe döner bir tabla üzerinde bulunan bir kolimatörle bir dürbünden oluşur. Verniyeli bu döner tabla üzerine bir masacık eş eksenli olarak yerleştirilmiştir (Şekil-1). Dürbün ve döner tabla beraber ve birbirlerinden bağımsız olarak bu eksen etrafında dönebilmektedir. Alete sıkıca sabitlenmiş olan kolimatör ışık kaynağından gelen ışınların prizma üzerine paralel olarak düşmesini sağlar. Bir “Retikül” (+) içeren dürbün ise görüntüyü incelemeye yarar.



Şekil- 1.a: Deney düzeneği

Optik Prizma:

Bir prizma üzerine düşürülen ışın demeti, prizmanın tabanına doğru yönelerek kırılır. Kırılma **Snell Yasası** ile belirlenir. Prizmanın yapıldığı maddenin içinde bulunduğu ortama göre kırılma indisi n ise, Snell yasasından,

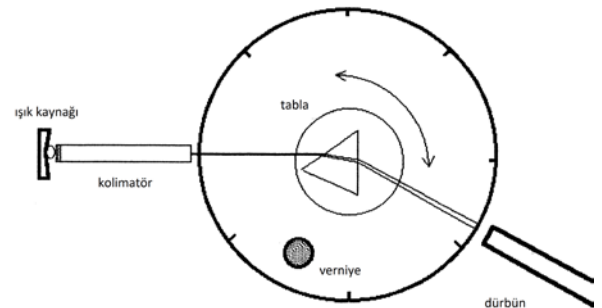
$$\sin(i) = n \sin(r) \quad (1)$$

$$\sin(i') = n \sin(r')$$

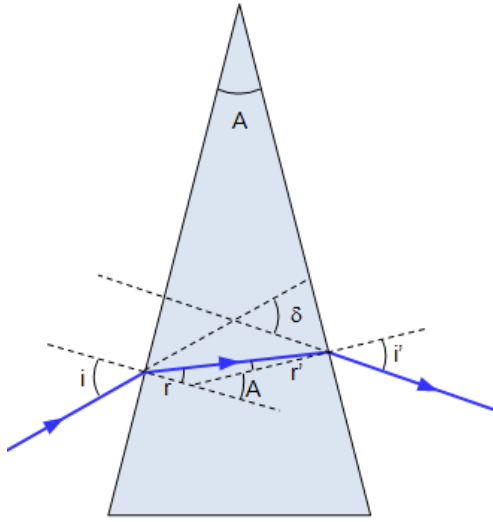
bağıntıları yazılabilir (Şekil-2). Ayrıca geometriden,

$$A = r + r' \quad (2)$$

$$\delta = i + i' - A$$



Şekil- 1.b: Deney düzeneği



Şekil-2

$i = i'$ ve $r = r'$ durumunda sapma açısı minimum değerdedir. Sapma açısının bu minimum değerine δ_{\min} minimum sapma açısı denir. O zaman (1) ve (2) eşitliklerinden,

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}} \quad (3)$$

olur.

Prizmanın A tepe (kırın) açısı küçük ise, δ_{\min} da küçük olduğundan, $\sin x \approx x$ yaklaşımıyla, (3) bağıntısından,

$$\delta_{\min} = A(n - 1) \quad (4)$$

bulunur.

Dispersiyon Gücü: Bir dalga, kırılma indisi frekansa veya dalgaboyuna bağlı olan dağıtıcı bir ortamda kırıldığı zaman kırılma açısı da frekansa veya dalgaboyuna bağlı olacaktır. Gelen dalga, harmonik veya monokromatik değil de, üstüste binmiş muhtelif frekanslardan/dalgaboylarından oluşuyor ise, her bir bileşen dalgaboyu farklı bir açıda kırılacaktır. Bu olaya dispersiyon denir. Işık, bir elektromagnetik dalga olduğundan, havadan su ve cam gibi bir başka ortama kırıldığında, dalgaboylarına ayrılır. Örneğin beyaz ışık, ince bir prizmadan geçerse renklerine ayrılır. Bir ortamı karakterize eden, sadece kırılma indisine bağlı olan büyüklüğe dispersiyon gücü denir ve

$$\omega = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1} = \frac{\delta_F - \delta_C}{\delta_D} \quad (5)$$

bağıntısı ile belirlenir. Burada n_F ve n_C ortamın hidrojen spektrumundaki mavi ($\lambda_F = 4862 \text{ \AA}$) ve kırmızı ($\lambda_C = 6563 \text{ \AA}$) renklerine, n_D ise sodyumun sarı ($\lambda_D = 5890 \text{ \AA}$) rengine karşılık olan kırılma indisleridir. δ_F , δ_C , δ_D da bunlara denk gelen minimum sapma açılarıdır.

O5-DENEY RAPORU

MİNİMUM SAPMA AÇISININ (δ_{\min}) BELİRLENMESİ

1. Prizmanın kıran yüzeylerinden birisi kolimatör karşısına getirilerek diğer kıran yüzeyden çıkan ışığa bakarak fantın görüntüsü belirlendi.
2. Daha sonra döner tabla hep aynı yönde döndürülürken görüntü hareketinin yön değiştirmeye başladığı durumda döner tabla sabitlenerek görüntü, dürbün retikülü ile çakıştırılarak α açısı belirlendi.
3. Prizma kaldırılarak, dürbün kolimatörün tam karşısına getirilerek fantın görüntüsü retikül ile çakıştırılarak bu durumu ölçen α_0 açısı belirlendi.
4. Minimum sapma açısı , $\delta_{\min} = |\alpha - \alpha_0|$ ifadesi ile hesaplandı. Tepe açısı (A) ve δ_{\min} açıları kullanılarak prizmanın yapıldığı maddenin havaya göre kırılma indisi (1) ve (2) eşitliklerinden hesaplandı ve sonuçlar tablo 1'e işlendi.

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \quad (1)$$

$$n = \frac{\delta_{\min}}{A} + 1 = \quad (2)$$

Tablo 1

A	α	α_0	δ_{\min}	n (1 bağıntısı)	n (2 bağıntısı)

SIVILARIN KIRILMA İNDİSİNİN BULUNMASI

1. İçi sıvıyla (Su, etil alkol vb) dolu bir prizma gonyometreye yerleştirilerek, sodyum lambası çalıştırıldı.
2. Sodyum lambasının ışığının prizmanın bir yüzeyinde kırılması gözlemlendikten sonra bu kırılan ışık için minimum sapma durumu gözlenerek, minimum sapma açısı belirlendi.
3. Prizmanın A tepe açısını sabit alarak, 1 numaralı denklem kullanılarak sıvının kırılma indisi hesaplandı.
4. Kullanılan sıvının gerçek kırılma indisi kullanılarak bağıl hata hesaplandı ve sonuçlar Tablo 2'ye geçirildi.

TABLO 2

SIVI	α	α_0	δ_{\min}	n_D	n_G	$\frac{\Delta n}{n_G}$
SU					1.333	
ETİL ALKOL					1.36	

HESAPLAR

DİSPERSİYON GÜCÜNÜN BELİRLENMESİ

1. Monokromatik ışık kaynağı yerine beyaz ışık kaynağı kullanılarak prizma ile spektrum elde edildi. Spektrumdaki mavi (λ_F), sarı (λ_D) ve kırmızı (λ_C) renklerinin gözlendiği α_F , α_D , ve α_C açıları ölçüldü.
2. Prizma kaldırılarak, kolimatörün tam karşısından α_0 açısı ölçüldü.
3. Her renk için prizmanın havaya göre kırılma indisi (1) bağıntısı kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanarak sonuçlar tablo 3'e işlendi.

MAVİ

KIRMIZI

TABLO 3

RENK	$\lambda(A)$	α	α_0	δ_{\min}	n
MAVİ	4862				
KIRMIZI	6553				

4. Prizma maddesinin dispersiyon gücü, $\omega = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ bağıntısı ile hesaplandı.

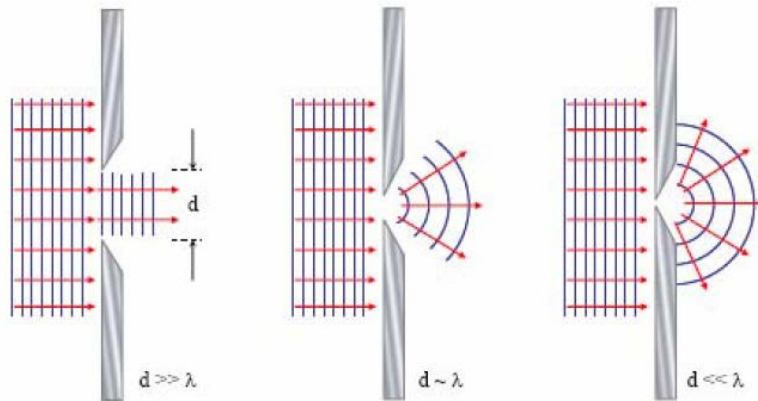
O-6 IŞIKTA KIRINIM OLAYLARININ İNCELENMESİ

AMAÇ:

1. Tek yarıқта meydana gelen kırınım olayının incelenmesi.
2. Dairesel ufak delikte meydana gelen kırınım olayının incelenmesi.

BİLGİ:

Tek Yarıқта Kırınım: Dalga, hareketi sırasında yeterince dar bir aralıktan ya da keskin kenarlı bir engelden geçerken, yarığın ya da engelin köşelerine yakın yerlerden dalganın bükülür. Yarığı ya da engeli geçen dalga her yöne yayılır (örneğin gölge olması beklenen yerlerde aydınlık oluşur). Bu olaya *kırınım olayı* denir. Temelde kırınım ve girişim olayları özdeştir. Kırınımı oluşturmanın tek yolu dalgayı dar bir aralıktan geçirmek değildir. Benzer etkiler, dalgalar, saydam olmayan engele çarptıklarında da gözlenir. Kırınım, dalgalarının temel özelliklerinden biridir. Genel olarak tüm dalgalarda görüldüğü gibi, ışıқта da görülür. Fakat ışık dalgaları, örneğin ses dalgalarından çok daha küçük dalgaboylu olduklarından ışıқта söz konusu olayın gerçekleşmesi için bazı özel şartların yerine gelmesi gerekir. Kırınımın gözlenebilmesi için yarık aralığının (d), ışığın dalgaboyu (λ) ile kıyaslanabilecek büyüklükte (yarık aralığının yaklaşık dalgaboyu mertebesinde) olması gerekir. Işığın dar bir aralıktan geçip bir perde üzerine düşürüldüğünü kabul edelim. Yarığa düşen ışık paraleldir, ışık demetinin paralel ışınlardan oluşması yakınsak merceklerle de sağlanabilir. Perde de oluşan desenler Fraunhofer kırınım desenleri olarak adlandırılır.

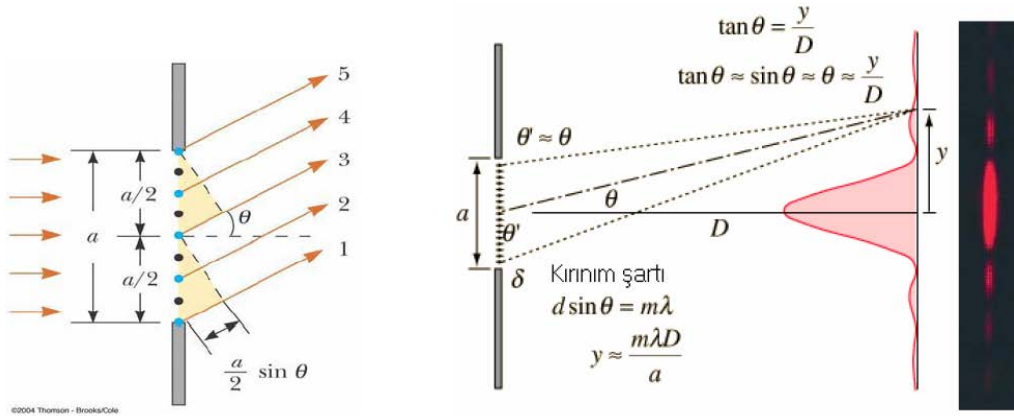


Şekil 1. Kırınım olayı için dalgaboyu ve yarık ilişkisi

$\lambda \ll d$ olduğunda hemen hemen gözlenebilir bir kırınım olmaz. Dalga kendi ışını boyunca doğrusal bir yolda ilerlemeye devam eder. Eğer yarıncı karşısına bir ekran konulursa, ekran üzerinde parlak bir nokta oluşur.

$\lambda \sim d$ olduğunda, kırınım etkileri hissedilir. Işık, yarıncı ötesinde her yöne yayılır. Yarıncı küresel dalgalar yayan bir kaynakmış gibi davranır. Yarıncı, dalgaboyuna göre çok küçükse, $\lambda \gg d$, kırınım daha da belirginleşir.

Burada koherent (faz uyumlu) ışığın tek yarıncı oluşturduğu kırınım incelenecektir. Yarıncı genişliği, geçen ışığın dalgaboyuna yakın büyüklükte veya daha küçük olduğunda kırınım gerçekleşir. Çift yarıncı girişim olayında yarıncılardan her biri noktasal ışık kaynağı gibi davranırken; tek yarıncı kırınım olayında ise yarıncı noktasal ışık kaynağı gibi davranmasından ziyade, yarıncı her bir noktasının bir ışık kaynağı gibi davrandığı düşünülecektir. Böylece tek yarıncı, sürekli kaynaklar grubu şeklinde davranacaktır. Yarıncı farklı noktalarından gelen ışık ışınları birbirleri ile yapıcı yıkıcı girişim yaparak bir desen oluştururlar.



Şekil 2. Tek yarıncı kırınım deseni oluşumu

Ekranın herhangi bir N noktasına, hemen hemen birbirine paralel giden ve ana ışın doğrultusu ile θ açısını yapan bir doğrultuya yönelmiş olan ışınlar gelecektir. En kenar ışınları arasındaki yol farkı;

$$\Delta = a \sin \theta \quad (1)$$

dır. N_0 (perde üzerindeki merkezi aydınlık) noktası için $\theta=0$ dır; böylece maksimum bir aydınlık oluşur. Işınların yöneldiği doğrultu N_0 dan uzaklaştıkça yol farkı büyür. Demetin kenar ışınları arasındaki yol farkının λ ya eşit olduğu bir θ_1 doğrultusu için kenar ışınlarıyla yarıncı merkezine merkezi aydınlık doğrultusundaki ışın arasında $\lambda/2$ kadar yol farkı olur ve bu

çift birbirini söndürür. Yarığın merkez ışınına göre, bir tarafta var olan her ışın için öteki tarafta da karşılık gelen bir ışın bulunur. O halde sınır ışınları hariç olmak üzere iki tarafın tüm ışınları birer çift halinde birbirlerini söndürecekler ve böylece θ_1 doğrultusunda ekran üzerinde ışık olmayacaktır. Bu doğrultuda karanlık bir şerit oluşacaktır. Merkezden daha uzaklaştıkça iki yandaki karanlık saçaklardan sonra ışık yine birer maksimum oluşturmaya başlar. Bu maksimumlar demetlerdeki kenar ışınlarının aralarında $3\lambda/2$ yol farkına karşılık gelir.

Sonuç olarak sönüm şartlarına uyan doğrultular;

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

ve aydınlık şartlarına uyanlar;

$$a \sin \theta = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

bağıntılarıyla belirlenir.

Dairesel Ufak Delikte Işığın Kırınımı: Bir monokromatik ışık kullanarak, ufak bir delikle kırınım olaylarını elde etmek mümkündür. λ dalgaboyu ve diğer büyüklükler arasındaki bağıntılar aşağıdaki gibidir:

- Delik ve ekran arasındaki uzaklık (e)
- Deliğin çapı (d)
- Aydınlık merkezin çevresinde n. karanlık veya n. aydınlık halkanın yarıçapı (r_n)

Sönüm şartları için;

$$\frac{r_n}{e} = \rho_n \frac{\lambda}{d} \quad \rho_1 = 1,22 ; \quad \rho_2 = 2,23 ; \quad \rho_3 = 3,23 \quad (4)$$

ve aydınlık şartları için;

$$\frac{r_n}{e} = \rho_n \frac{\lambda}{d} \quad \rho_1 = 1,63 ; \quad \rho_2 = 2,67 ; \quad \rho_3 = 3,69 \quad (5)$$

kullanılır.

O-6 IŞIKTA KIRINIM OLAYLARININ İNCELENMESİ

DENEY RAPORU

1. He-Ne laser ışık kaynağı, yarık ve ekran uygun aralıklarla optik bank üzerine yerleştirildi.
2. Işık kaynağı açıldıktan sonra ekran üzerinde kırınım desenleri gözlemlendi.
3. Kullanılan ışığın dalgaboyunu bulmak için şu ölçümler alındı;
 - Yarık ve ekran arasındaki uzaklık (e)
 - Yarığın genişliği (a)
 - n . karanlık şeridin, orta aydınlık şeridin merkezine olan uzaklığı (x_n)

$$a =$$

$$e =$$

$$2x_1 = \quad \Rightarrow \quad x_1 =$$

$$2x_2 = \quad \Rightarrow \quad x_2 =$$

$$2x_3 = \quad \Rightarrow \quad x_3 =$$

$$2x_4 = \quad \Rightarrow \quad x_4 =$$

Sönüm şartlarına uyan doğrultular için,

$$\frac{x_n}{e} = \frac{n\lambda}{a} \quad n = 1,2,3,\dots$$

bağıntısı yazılarak kullanılan ışığın dalgaboyu 4 farklı karanlık şerit için hesaplandı.

$$\lambda_1 =$$

$$\lambda_2 =$$

$$\lambda_3 =$$

$$\lambda_4 =$$

4. Elde edilen 4 farklı dalgaboyunun ortalaması alınarak deneyde yapılan bağıl hata hesaplandı ve tüm hesaplamalar Tablo-1'e işlendi.

$$\lambda_{Ortalama} =$$

$$\frac{|\Delta\lambda|}{\lambda_{Gerçek}} =$$

Tablo-1

n	x	a	e	λ	$\lambda_{ortalama}$	λ_{gercek}	Bağıl Hata

5. Aynı ölçümler farklı yarıklık genişliği kullanılarak tekrarlandı.

$$\lambda =$$

$$e =$$

$$2x_1 =$$

$$\Rightarrow x_1 =$$

$$2x_2 =$$

$$\Rightarrow x_2 =$$

$$2x_3 =$$

$$\Rightarrow x_3 =$$

$$2x_4 =$$

$$\Rightarrow x_4 =$$

Sönüm şartlarına uyan doğrultular için,

$$\frac{x_n}{e} = \frac{n\lambda}{a} \quad n = 1,2,3,\dots$$

bağıntısı yazılarak kullanılan yarığın genişliği 4 farklı karanlık şerit için hesaplandı.

$$a_1 =$$

$$a_2 =$$

$$a_3 =$$

$$a_4 =$$

6. Elde edilen 4 farklı yarıklık genişliğinin ortalaması alınıp, tüm hesaplamalar Tablo-2'ye işlendi.

$$a_{Ortalama} =$$

Tablo-2

n	x	λ	e	a	$a_{ortalama}$

7. Deney düzeneğinde yarığın yerine farklı çapta dairesel delikler kullanılarak kırınım desenleri ekran üzerinde dairesel halkalar şeklinde elde edildi. Bu halkaların karanlık kısmının ilk üçünün çapı ölçüldü. Kullanılan dairesel deliğin çapı (d) ve yarığın ile ekrana arası mesafe (e) ölçüldü.

$$\lambda =$$

$$e =$$

$$2r_1 =$$

$$\Rightarrow r_1 =$$

$$2r_2 =$$

$$\Rightarrow r_2 =$$

$$2r_3 =$$

$$\Rightarrow r_3 =$$

Sönüm şartlarına uyan doğrultular için,

$$\frac{r_n}{e} = \rho_n \frac{\lambda}{d} \quad \rho_1 = 1,22 ; \rho_2 = 2,23 ; \rho_3 = 3,23$$

bağıntısı yazılarak kullanılan dairesel deliğin çapı 4 farklı karanlık şerit için hesaplandı.

$$d_1 =$$

$$d_2 =$$

$$d_3 =$$

8. Elde edilen 4 farklı çapın ortalaması alınıp tüm hesaplamalar Tablo-3'e işlendi.

$$d_{Ortalama} =$$

Tablo-3

n	r	λ	e	d	$d_{ortalama}$

O-9 OPTİK AYGITLAR

AMAÇ: Temel optik aygıtların çalışma ilkelerinin incelenmesi ve bazı büyüklüklerin belirlenmesi.

BİLGİ

Mercekler: Aynı eksenli iki kırıcı yüzeyle sınırlandırılmış saydam cisme mercek adı verilir ve genel olarak yakınsak mercek ve ıraksak mercek olarak sınıflandırılırlar.

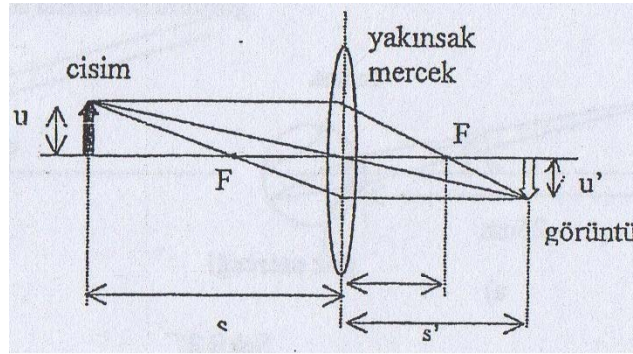
İnce bir yakınsak merceğin oluşturduğu bir görüntü Şekil 1'de verilmiştir. Cisim ile görüntünün merceğe olan u ve u' uzaklıkları, grafik yöntemle belirlenebildiği gibi *Temel mercek denklemi* (1) bağıntısı ile de hesaplanabilir. Ancak bu denklem ince kenarlı merceklerle uygulanabilmektedir.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \quad (1)$$

Merceğin dikey büyütmesi ise,

$$m = -\frac{s'}{s} = \frac{u'}{u} \quad (2)$$

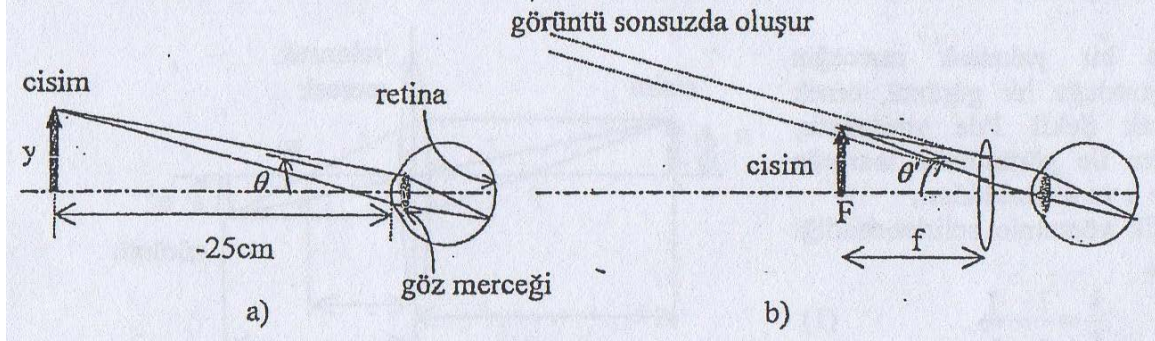
bağıntısı ile belirlenmektedir. Bu bağıntıdaki (-) işareti ise görüntünün cisme göre ters olduğunu ifade eder (Şekil 1).



Şekil 1

Göz ve Optik Sistemler: Gözün gelişmiş bir mercek sistemi veya mükemmel bir optik düzen olduğu bilinmektedir. Göz kaslarının kasılması veya gevşemesi sonucunda bu mercek sisteminin veya kısaca merceğin şekli değişir ve cisim hangi uzaklıkta olursa olsun görüntünün hep retinada odaklanması sağlanır. Bu olay *gözün uyumu* olarak adlandırılır. retinada görüntüsü odaklanabilen en uzaktaki bir cismin göze olan uzaklığı, *en uzak görüş uzaklığı* olarak adlandırılır ve normal bir göz için bu uzaklığın sonsuz olması beklenir (Pratikte 6 m ve ötesi sonsuz kabul edilir). Cismin görüntüsünün bozulmadan göze yaklaştırılabileceği en kısa mesafe de *en yakın görüş uzaklığı* olarak adlandırılır. Kişiden

kişiyeye göre değışebilen bu uzaklık ise normal bir göz için 25 cm civarındadır. Şekil 2-a'da görüldüğü gibi 25 cm uzaklıkta bulunan y boyundaki cisme bakıldığında görüş açısı, $tg\theta = -\frac{y(cm)}{25}$ bağıntısı ile belirlenir.



Şekil 2

Ancak Şekil 2-b'deki gibi bir yakınsak mercekle kullanıldığında, merceğin m açısal büyütmesi,

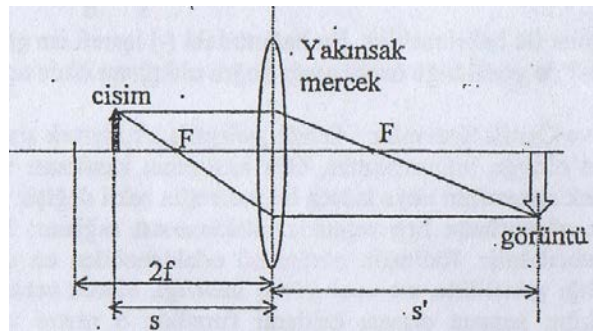
$$m = \frac{tg\theta'}{tg\theta} \quad (3)$$

olacağından dikey büyütme,

$$m = \frac{-y/f}{-y/25} = \frac{25}{f(cm)} \quad (4)$$

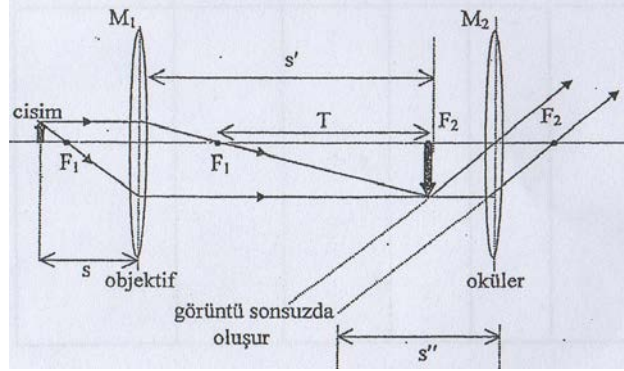
bağıntısı ile belirlenir.

Projektör: Bir cisim, yakınsak merceğin odak noktası (f) ve odak noktasının iki katı uzaklığı arasında bir yere yerleştirilirse, Şekil 3'de görüldüğü gibi, ters ve büyük gerçekte bir görüntü oluşur. Görüntünün oluştuğu yere bir ekran yerleştirilirse, cismin ekran üzerinde büyük bir görüntüsü elde edilebilir. Bu şekilde, basitçe bir projeksiyonun nasıl çalıştığı açıklanabilmektedir.



Şekil 3

Mikroskop: Yakındaki çok küçük cisimlerin büyük görüntülerini oluşturarak, ayrıntılarının incelenmesini sağlamak amacıyla mikroskop kullanılır. Bu optik aygıtla, büyütece göre daha fazla büyütme elde edilir.



Şekil 4

Mikroskobun dikey büyütmesi;

$$m = -\frac{T}{f(cm)_1} \cdot \frac{25}{f_2(cm)} \quad (5)$$

bağıntısı ile belirlenir. Burada T uzaklığı genellikle optik tüp uzaklığı olarak bilinir.

O-9 OPTİK AYGITLAR

DENEY RAPORU

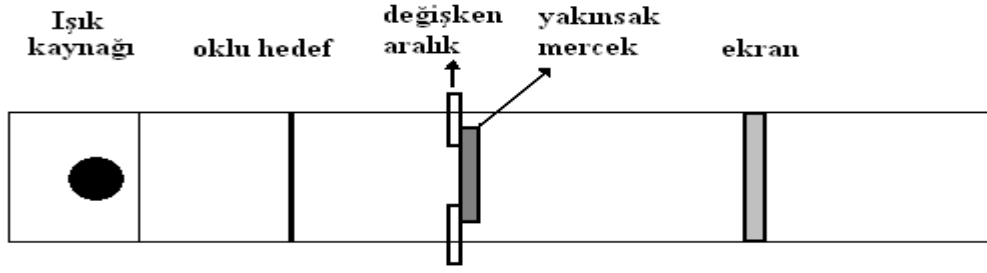
1. İnce kenarlı merceği incelemeden önce, cismin, mercekten farklı mesafelerde yerleştirildiği durumlarda elde edilecek görüntünün merceğe olan uzaklığı (1) denklemi ile, merceğin büyütmesi, (2) denklemi ile hesaplandı. Görüntü özellikleri belirlenerek sonuçlar tablo 1'e işlendi.

HESAPLAMALAR

TABLO 1

s	s'	m	Gerçek/Sanal	Ters dönmüş/ Ters dönmemiş
Örnek: f/16	-f/15	16/15	Sanal	Ters dönmemiş
f/8				
f/4				
f/2				
3f/4				
7f/8				
15f/16				
f				
17f/16				
9f/8				
5f/4				
3f/2				
7f/4				
15f/8				
31f/16				
2f				
33f/16				
17f/8				
9f/4				
5f/2				
11f/4				
23f/8				
3f				
5f				
10f				
100f				

2. Basit bir projektör işlevinin gerçekleştirilebilmesi için şekildeki deney düzeneği ile odak uzaklığı $f=75$ mm olan bir yakınsak mercekten yararlanıldı.



3. s 'nin, $s < f$, $s = f$, $f < s < 2f$, $s = 2f$, ve $s > 2f$ durumları için, tablo 2'de verilen değerleri kullanarak, her bir durum için cismin boyu (u), görüntünün boyu (u'), ve görüntünün merceğe olan uzaklığı (s') ölçülerek (2) bağıntısından m değerleri ve benzer şekilde (3) bağıntısından B büyütme değerleri hesaplandı ve sonuçlar tablo 2'ye işlendi. Her bir durum için projektör işlevinin olup olmadığı belirlenerek tablo 2'ye işlendi.

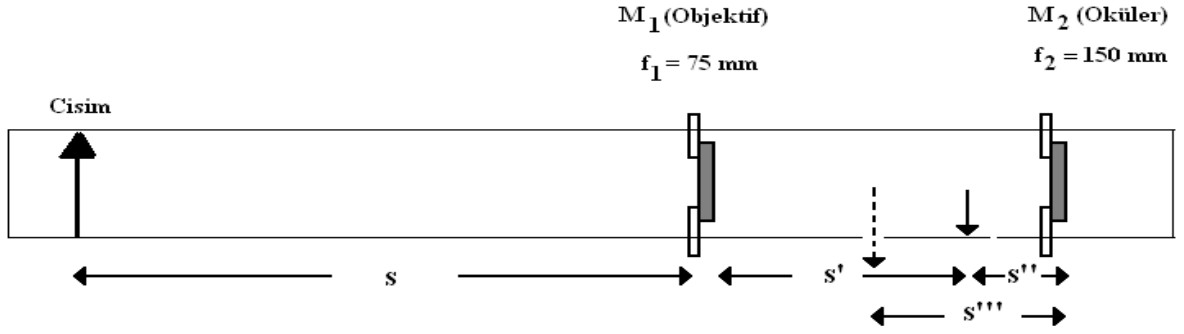
$$B = \frac{u'}{u} \quad (3)$$

TABLO 2

s	s'	u	u'	m	B	Projektör işlevi
5						
7,5						
10						
15						
20						

MİKROSKOP

1. Odak uzaklıkları 75 mm ve 150 mm olan ince kenarlı mercekler şekildeki gibi optik bank üzerine yerleştirilerek basit bir mikroskop oluşturuldu.



2. Okülerden baktığımızda milimetrik cetveli en net ve en büyük görüntüsünü elde etmek için optik aletler arasındaki mesafe ayarlandı. Oküler merceğinin çapı boyunca milimetrik çizgilerin sayısından cismin u boyu belirlendi. Görüntünün boyu u' ise merceğin çapı kadardır (3 cm). Cismin 1. merceğe olan uzaklığı ölçüldü.

3. s' mesafesi (1) nolu denklemden hesaplandı. Mercekler arası mesafe, $x = f_1 + f_2 + T$ den T hesaplandı. Daha sonra, s'' mesafesi, $x = s' + s''$ uzaklığından hesaplandı. Mikroskopun dikey büyütmesi (4) denkleminde ve B büyütmesi, (2) nolu denklem yardımıyla hesaplandı ve sonuçlar Tablo 3'e geçirildi.

$$m = -\frac{T(cm) \cdot 25(cm)}{f_1(cm) \cdot f_2(cm)} \quad (5)$$

TABLO 3

x	s	s'	s''	s'''	u	u'	m	B

O-13 IŞIK HIZININ ÖLÇÜMÜ

AMAÇ:

1. Hava ortamında ışık hızının ölçülmesi.
2. Su ve sentetik reçine içerisinde ışık hızının ölçülmesi
3. Su ve sentetik reçine kırılma indislerinin bulunması.

BİLGİ:

Işık Hızı

Işık ve diğer elektromanyetik dalgaların boşlukta ilerleme hızı Maxwell denklemleri yardımıyla

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (1)$$

olarak verilir. Burada $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ F/m boşluğun dielektrik geçirgenliği; $\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6}$ H/m boşluğun manyetik geçirgenliğidir. Işığın farklı bir ortamdaki ilerleme hızı ise, ϵ_h ve μ_h sırasıyla ortamın bağıl dielektrik ve manyetik alan geçirgenliği olmak üzere

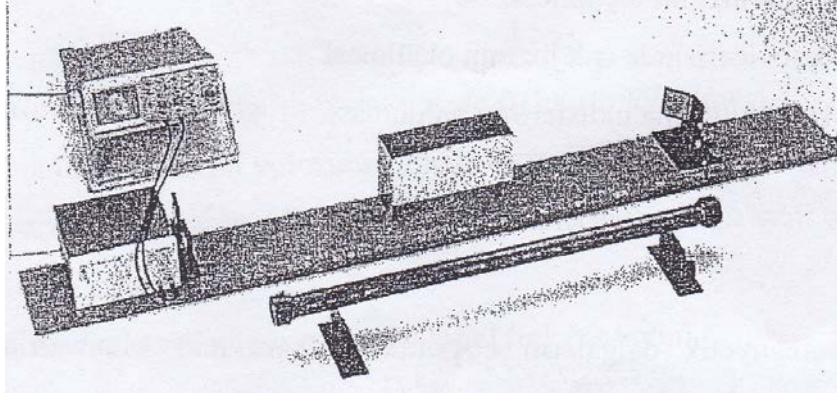
$$c' = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_h \mu_0 \mu_h}} \quad (2)$$

ile verilir. Ortamın kırılma indisi ise ışığın boşluktaki ve ortamdaki hızlarının oranına eşittir:

$$c' = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_h \mu_0 \mu_h}} \quad (3)$$

Işık Hızının Ölçümü

Şekil 1'deki deney düzeneği yardımıyla ışığın hava veya farklı ortamlardaki hızları ölçülebilir. Bu düzenek, cetveli optik düzlem üzerine yerleştirilen ışık hızı ölçüm ünitesi, osiloskop, hareketli ayna ve merceklerden oluşmaktadır. Işık hızı ölçüm ünitesinde, ışık yayan diyot (LED) ve ışık alan diyot (fotodiyot) bulunmaktadır. Hareketli ayna ve mercekler aracılığıyla, ışık yayan diyottan çıkan ışık ışınlarının belirli bir yol aldıktan sonra fotodiyot üzerine düşmesi sağlanır. Işık yayıcı sinyali ile alıcı sinyali arasındaki faz farkı, ışığın aldığı yola bağlıdır. Bu yol ölçülerek ışık hızı hesaplanabilir. Bir osiloskop kullanılarak oluşan faz farkı Lissajous şekli ile gözlenir. Şekil, düz çizgi halinde iken pozitif eğimli çizgi için faz farkı 0 (sıfır), negatif eğimli çizgi için faz farkı π dir.



Şekil 1. Işık hızı ölçüm düzeneği.

Hava ortamında ışık hızını ölçmek için, ışığın aldığı yol

$$\Delta l = 2\Delta x \quad (4)$$

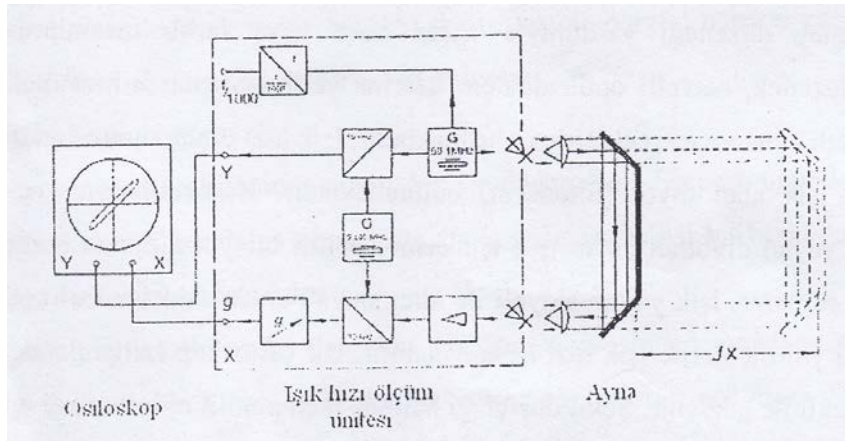
kadar büyütülür (Şekil 2). π kadar yol farkı oluşturmak için ışığın (4) bağıntısında verilen yolu alması için geçen süre

$$\Delta t = \frac{1}{2f} \quad (5)$$

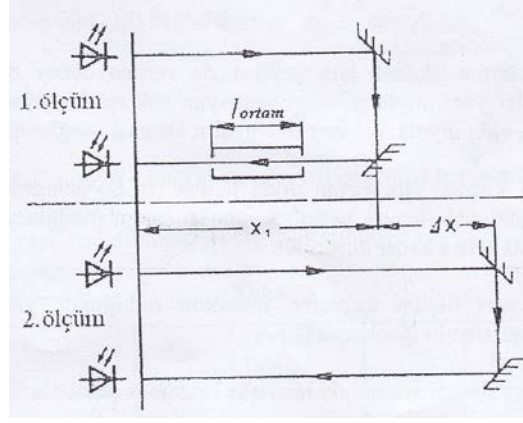
olduğundan, ışığın hava ortamında hızı

$$c_{hava} = \frac{\Delta l}{\Delta t} = 4f\Delta x \quad (6)$$

ile bulunur. Burada f kullanılan ışık kaynağının modülasyon frekansıdır. Işık hızının hava ortamında hesaplanan değeri 3×10^8 m/s dir.



Şekil 2. Hava ortamında ışık hızının ölçüm şeması.



Şekil 3. Farklı ortamlarda ışık hızı ölçüm şeması.

Işığın su ve sentetik reçine içindeki hızı, havadaki hızı ile karşılaştırılarak bulunabilir (Şekil 3). İlk ölçümde ışık farklı bir ortam içerisinden geçerken

$$l_1 = 2x_1 \quad (7)$$

mesafesini

$$t_1 = \frac{(l_1 - l_{ortam})}{c_{hava}} + \frac{l_{ortam}}{c_{ortam}} \quad (8)$$

sürede alır. İkinci ölçümde ise ışık

$$l_2 = l_1 + 2\Delta x \quad (9)$$

mesafesini

$$t_2 = \frac{(l_1 + 2\Delta x)}{c_{hava}} \quad (10)$$

sürede alır. Işık yayıcı sinyali ile alıcı sinyali arasındaki faz farkı her iki durum içinde aynıdır:

$$t_1 = t_2 + \frac{k}{f}; \quad k = 0,1,2,\dots \quad (11)$$

Buradan ortamın kırılma indisi

$$n = \frac{c_{hava}}{c_{ortam}} = \frac{2\Delta x}{l_{ortam}} + 1 + \frac{kc_{hava}}{fl_{ortam}} \quad (12)$$

olarak bulunur. Işığın su ve sentetik reçine ortamlarında hızı sırasıyla, 2.248×10^8 m/s ve 1.87×10^8 m/s olarak bilinmektedir. Ayrıca suyun kırıcılık indisi 1.333; sentetik reçinenin kırılma indisi 1.597 dir.

O-13 IŞIK HIZININ ÖLÇÜMÜ DENEY RAPORU

1. Hava ortamında ışık hızının ölçümü için Şekil 1’de verilen deney düzeneği kuruldu. Hareketli ayna ve mercekler yardımıyla gelen ve yansıyan ışık ışınlar yatay zemine paralel olacak şekilde ayarlanarak, alıcı diyota maksimum sinyalin ulaşması sağlandı.
2. Işık hızı ölçüm ünitesi kırmızı ışık yayan diyot lamba (LED) sahiptir. Alıcı ve verici sinyallerinin osiloskopta gözlenebilir hale getirmek için lambanın modülasyon frekansı 50.1 MHz’den yaklaşık olarak 50 kHz’e kadar düşürüldü.
3. Hareketli ayna, ışık hızı ölçüm ünitesine mümkün olduğunca yaklaşacak şekilde yerleştirildi (Cetveli optik düzlemin 0 noktasına).
4. Işık yayıcı sinyali ile alıcı sinyali arasındaki faz farkı Lissajous şekli olarak osiloskopta XY modunda gözlemlendi.
5. Işık hızı ölçüm ünitesinin faz ayar düğmesi ile Lissajous şekli, düz bir çizgi haline getirildi.
6. Faz farkı π oluncaya kadar hareketli ayna cetveli optik düzlem üzerinde kaydırılarak, aynanın Δx yer değiştirmesi ölçüldü (Şekil 2). Ölçümler tekrarlanarak, Tablo 1’e işlendi.

$$\Delta x_1 =$$

$$\Delta x_2 =$$

$$\Delta x_3 =$$

$$\Delta x_{ortalama} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3} =$$

7. Işığın hava ortamındaki hızı, (6) bağıntısı kullanılarak hesaplandı. Burada kırmızı ışık için modülasyon frekansı $f = 50.1$ MHz’dir.

$$c_{hava} = 4 \cdot f \cdot \Delta x_{ortalama} =$$

8. Hava ortamında ışık hızının gerçek değeri kullanılarak bağıl hata hesabı yapıldı ve Tablo-1'e işlendi.

$$\text{Bağıl Hata } c_{hava} \text{ için } \Rightarrow \frac{|\Delta c|}{c_{gerçek}} =$$

Tablo-1

Δx (hava)	c_{hava}	Bağıl hata $ \Delta c /c_{gerçek}$
$\Delta x_{ortalama} =$		

9. Işığın su içinde hızının bulunması için, su ile doldurulmuş 1 m uzunluğundaki silindirik tüp yansıyan ışık ışınlarının yoluna yatay olarak yerleştirildi. Böylelikle her iki ucunda cam pencereler bulunan tüpten ışığın paralel geçmesi sağlandı (Şekil 3).

10. Hareketli ayna silindirik tüpün hemen arkasına yerleştirildi.

11. Işık hızı ölçüm ünitesinin faz ayar düğmesi ile osiloskop ekranında yine düz bir çizgi elde edildi.

12. Işık yoluna yerleştirilen tüp kaldırıldı ve ayna Lissajous şekli tekrar aynı faz farkını verinceye kadar kaydırıldı (Şekil 3).

13. Aynanın Δx yer değiştirmesi birkaç kez ölçülerek sonuçlar Tablo 2'ye işlendi.

$$x_{ilk} = \quad x_{son} = \quad \Rightarrow \Delta x_1 =$$

$$x_{ilk} = \quad x_{son} = \quad \Rightarrow \Delta x_2 =$$

$$x_{ilk} = \quad x_{son} = \quad \Rightarrow \Delta x_3 =$$

$$\Delta x_{ortalama} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3} =$$

14. Deneyde $k = 0$ durumu için (12) bağıntısı kullanılarak ışığın sudaki hızı ve suyun kırılma indisi değerleri hesaplandı.

$$n_{su} = \frac{2\Delta x}{l_{su}} + 1 =$$

$$n_{su} = \frac{c_{hava}}{c_{su}} \Rightarrow c_{su} = \frac{c_{hava}}{n_{su}} =$$

15. Bağıl hata hesabı yapılarak sonuçlar Tablo-2'ye işlendi.

$$\text{Bağıl Hata } n_{su} \text{ için } \Rightarrow \frac{|\Delta n|}{n_{gerçek}} =$$

$$\text{Bağıl Hata } c_{su} \text{ için } \Rightarrow \frac{|\Delta c|}{c_{gerçek}} =$$

Tablo-2

Δx (su)	c_{su}	Bağıl hata $ \Delta c /c_{gerçek}$	n_{su}	Bağıl hata $ \Delta n /n_{gerçek}$
$\Delta x_{ortalama} =$				

16. Işığın sentetik reçine içinde hızının bulunması için, 30 cm uzunluğundaki sentetik reçine etkin yüzeyleri yola dik olacak şekilde yerleştirildi.

17. Deneyin 10-15. adımları tekrarlandı. Işığın reçine ortamındaki hızı ve reçinenin kırılma indisi hesaplandı ve sonuçlar Tablo-3'e işlendi.

$$x_{ilk} = \quad x_{son} = \quad \Rightarrow \Delta x_1 =$$

$$x_{ilk} = \quad x_{son} = \quad \Rightarrow \Delta x_2 =$$

$$x_{ilk} = \quad x_{son} = \quad \Rightarrow \Delta x_3 =$$

$$\Delta x_{ortalama} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3} =$$

$$n_{reçine} = \frac{2\Delta x}{l_{reçine}} + 1 =$$

$$n_{reçine} = \frac{c_{hava}}{c_{reçine}} \Rightarrow c_{reçine} = \frac{c_{hava}}{n_{reçine}} =$$

$$\text{Bağıl Hata } n_{reçine} \text{ için} \Rightarrow \frac{|\Delta n|}{n_{gerçek}} =$$

$$\text{Bağıl Hata } c_{reçine} \text{ için} \Rightarrow \frac{|\Delta c|}{c_{gerçek}} =$$

Tablo-3

Δx (reçine)	$c_{reçine}$	Bağıl hata $ \Delta c /c_{gerçek}$	$n_{reçine}$	Bağıl hata $ \Delta n /n_{gerçek}$
$\Delta x_{ortalama} =$				