



**T.C
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FİZİK BÖLÜMÜ**

FİZİK LABORATUVARI-VI (Modern Fizik – Katıhal Fiziği)

SAKARYA 2025



**T.C
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ
FİZİK BÖLÜMÜ**

FİZİK LABORATUVARI-VI (Modern Fizik – Katıhal Fiziği)

**Dr. Öğr. Üyesi Nilüfer DEMİRCİ SAYGI
Arş. Gör. Halime YARAR**

İÇİNDEKİLER

LABORATUAR ÇALIŞMASI İLE İLGİLİ KURALLAR.....	i
DENEY RAPORLARININ HAZIRLANMASI.....	ii
HATALAR VE HESAPLAMALAR.....	iv
DENEY 1) MICHELSON INTERFEROMETRESİ (GİRİŞİMÖLÇERİ).....	12
DENEY 2) HAVANIN KIRILMA İNDİSİNİN BULUNMASI.....	22
DENEY 3) CAMIN KIRILMA İNDİSİNİN BULUNMASI.....	30
DENEY 4) SEEBECK ETKİSİ	35
DENEY 5) FARKLI DİRENÇLERİN SICAKLIĞA BAĞLILIĞI	44
DENEY 6) FARKLI DİYOTLARIN SICAKLIĞA BAĞLILIĞI	51
DENEY 7) GERMANYUMUN BANT ARALIĞI	60
DENEY 8) MANYETİK GEÇİRGENLİK KATSAYISI	67
DENEY 9) BAKIRIN (Cu) KARAKTERİSTİK X IŞINLARI.....	74
DENEY 10) FARKLI ORYANTASYONLARDAKİ NaCl MONOKRİSTALİNİN	80
YAPISININ İNCELENMESİ	
DENEY 11) X-IŞINLARININ SOĞRULMASI	85
DENEY 12) X-IŞINLARININ COMPTON SAÇILMASI	90

LABORATUAR ÇALIŞMASI İLE İLGİLİ KURALLAR

- 1) Deney gruplarında bulunan öğrenciler, karşılıklı yardımlaşmanın yanında ölçüleri sıra ile alacaklar, hesapları ayrı-ayrı yapacaklardır.
- 2) Laboratuvara gelmeden önce konu ile ilgili deney okunacak, gerekirse ilgili kitaplardan çalışılacaktır. Laboratuvarda bulunan araştırma görevlisi hazırlanmadığınızı anlarsa sizi laboratuvardan çıkarabilir. Deneyi telafi etme imkanı olmazsa deneyden devamsız sayılabilirsiniz.
- 3) Laboratuvara girince alet ve cihazlara dokunmayınız. Görevli öğretim elemanının iznini ve tavsiyelerini aldıktan sonra sadece size tanıtılan aletleri kullanınız.
- 4) Laboratuvara gelirken yanınızda mutlaka grafik kağıdı getiriniz.
- 5) Deneyi kurduktan sonra kontrolünü mutlaka yaptırınız.
- 6) Laboratuvarda deney yaparken yüksek sesle konuşmayınız.
- 7) Çalışmalarınız sırasında diğer arkadaşlarınızı rahatsız etmeyiniz
- 8) Deney sırasında cep telefonlarınızı kapalı tutunuz.
- 9) Deney öncesi görevli tarafından yapılan açıklamaları mutlaka gerektiği şekilde uygulayınız.
- 10) Aletleri dikkatli ve özenli kullanınız. Aletlerde meydana gelebilecek bir hasarın maddi olarak tarafınızdan karşılanacağını unutmayınız.
- 11) Deneyinizi bitirdikten sonra masanızı kesinlikle temiz bırakınız.
- 12) Deney öncesi yeterli bilgiyi elinizdeki kaynakları okuyarak elde ediniz.
- 13) Laboratuvara %80 devam zorunluluğu vardır. Bundan dolayı devama gereken hassasiyeti gösteriniz.

DENEY RAPORUNUN HAZIRLANMASI

Deney raporunuzu hazırlarken aşağıda verilen yönergeyi dikkate alınız.

- 1) Deneyin raporunun yazımı sayfanın başından başlamalı ve yazım aşağıdaki sıra takip edilerek gerçekleştirilmelidir.
- 2) Öncelikle adınızı soyadınızı numaranızı yazıp imzanızı atınız.
- 3) Deney numarası ve Deneyin adı belirtilmelidir.
- 4) Deneyin amacı: yaptığınız deneyde neyi hedeflediğinizi kendi cümlelerinizle yazınız.
- 5) Deneyin teorisi: yaptığınız deneyin teorisini değişik kaynak kitaplar kullanarak yazınız. Bu bölümde temel kavramların tanımları, matematiksel eşitlikleri, birimleri bulunmalıdır.
- 6) Deneyde kullanılan malzemeler sırayla belirtilmelidir.
- 7) Deneyin yapılışı: bu bölümde, deney şeması çizilir ya da varsa fotoğrafı eklenir. Düzenegin nasıl kurulduğu anlatıldıktan sonra ölçümleri nasıl aldığınızı yazmanız beklenmektedir.
- 8) Ölçüm ve Hesaplamalar: ölçüm sonucu ulaşılan verilerden gerekli hesaplamaları yapınız. Eğer çizilmesi gereken grafik varsa milimetrik kâğıt kullanarak hassas bir şekilde grafiğini çiziniz. Bu aşamada ayrıca elde edilen veriler “deneysel veri ve hesaplamalar” tablosuna yerleştirilir.
- 9) Sonuç, hata hesabı ve yorum: deneyin bu kısmında hesapladığınız büyüklük ile ilgili hata hesabını yaparak deneyi yorumlayınız.
- 10) Raporlar elle yazılacaktır, bilgisayar çıktısı kabul edilmeyecektir.

BİRİM ÖN EKLERİ

10 üzeri	Ön ek	Kısaltma	Örnek
10^{12}	tera-	T	Terahertz (THz)
10^9	giga-	G	Gigahertz (GHz)
10^6	mega-	M	Megahertz (MHz)
10^3	kilo-	k	kilovolt (kV)
10^{-2}	santi-	c	santimetre (cm)
10^{-3}	mili-	m	miliamper (mA)
10^{-6}	mikro-	μ	mikrovolt (μ V)
10^{-9}	nano-	n	nanosaniye (ns)
10^{-12}	pico-	p	pikofarad (pF)

BİRİMLER

Fiziksel Büyüklük	MKSA Birimi	CGS Birimi
Uzunluk	metre (m)	santimetre (cm)= 10^{-2} m
Kütle	kilogram (kg)	gram (g) = 10^{-3} kg
Zaman	saniye (s)	saniye (s)
Kuvvet	Newton (N) = kg.m/s ²	dyne = 10^{-5} N
Enerji	Joule (J) = N.m	erg = 10^{-7} J
Güç	Watt (W) =J/s	erg/s = 10^{-7} W
Elektrik Yüğü	Coulomb (C)	statcoulomb = $10^{-9}/2.998$ C
Elektrik Akım	Amper (A) = C/s	abamper = 10 A
Elektrik Potansiyel	Volt (V) = J/C	statvolt = 2.998×10^2 V
Elektrik Alan	Volt/metre veya Newton/Coulomb	
Magnetik Alan (B)	Weber/metre ² (Wb/m ²)	gauss = 10^{-4} Wb/m ²
Direnç	Ohm (Ω) = volt/amper	
Sığa	Farad (F) = coulomb/volt	
İndüktans	Henry (H) = volt.saniye/amper	

HATALAR VE HESAPLAMALARI

Giriş:

Bir deneyde hata oluştuğunda ölçmelerin sayısal sonuçları hiç beklenmeyen şekilde ortaya çıkar. Bazı hataların limitlerini bulmak kolaydır. Fakat bazen önemsiz boyutlarda olurlar. Bu laboratuvarın amacı kesin sonuç elde etmek olmadığı için detaylı istatistiksel sonuçlar elde edilmesi beklenmemektedir. Her şeye rağmen deney, ulaşılan sonucun güvenilirliğini anlamada iyi ve sağlıklı bir yöntemdir. Bu amaçla en yaygın hataları değerlendirmek için kısa bir giriş yapılmıştır.

Hatalar, sistematik hatalar ve rastgele hatalar olarak iki gruba ayrılır. Ölçülen bir büyüklükteki hatalar, her iki tipteki hataların kombinasyonu olduğu zaman hataları birbirinden ayırmak zordur.

Sistematik Hatalar:

Bu tür hatalar deneyde kullanılan aygıtlardan veya gözlemciden kaynaklanır. Aygıt hataları; sistemin ve kullanılan aygıtın kendisinden oluşur. Genellikle bu hata aynı şekilde yapılan ölçmeleri etkileyen sabit bir hatadır. Örneğin kötü bir şekilde ayarlanmış bir hava masası böyle bir hataya sebep olabilir.

Gözlemciden kaynaklanan hatalara “ kişisel hatalar” denir. Ölçeği yanlış okuma, dikkatsizlik ve araçları kullanma yetersizliği bu tür hatalara örnek olarak gösterilebilir.

Sonuçların tekrar gözden geçirilmesi ve deney araçlarının yeniden uygun bir şekilde yerleştirilmesiyle sistematik hatalar minimuma indirilebilir.

Tesadüfi Hatalar:

Tesadüfi hatalar, sistemdeki kontrol edilmeyen dalgalanmalardan ortaya çıkar. İşaretleri bilinemez. Herhangi bir düzeltme yapılması imkansızdır. Ancak ölçülecek bir büyüklüğün değeri belirtilmeden önce tesadüfi hatanın büyüklüğü tahmin edilebilir.

Bir büyüklük için pek çok ölçüm yaptığımız takdirde ortalama değeri en iyi sonuç olarak kabul edebiliriz. Ölçmelerin oluşturduğu dağılım ise bize belirsizliğin veya deney hatasının bir ölçüsünü verir.

$x_1, x_2, \dots, x_n$ bir büyüklük için yapılmış ölçmelerin sonuçları olsun. Bu durumda

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n$$

ifadesi bu ölçmelerin ortalamasını verir.

Tek bir ölçümün ortalama $\bar{x}$ değerlerinden sapması ise;

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

şeklinde ifade edilir.

Sapmanın “kare ortalama karekök” değeri standart sapma olarak isimlendirilir ve

$$\sigma = \sqrt{(d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) / (n-1)}$$

şeklinde ifade edilir.

Ortalamanın standart hatası α ; bu ölçmelerin dağılımına bağlıdır ve ortalamanın hata payı içinde olması durumunun bir ölçüsüdür. Eğer bir büyüklük için n tane ölçüm yapıldıysa;

$$\alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ifadesi yazılabilir. Böylece ortalama $x \pm \alpha$ olarak gösterilir. Bazı deneyler için çok sayıda ölçme yapmak mümkün olmayabilir. Bu durumda oluşabilecek en büyük hatayı tahmin etmek gerekir. Mesela, uzunluk ölçmek için bir cetvel kullandığımızı kabul edelim. Eğer cetveldeki en küçük ölçek 1 mm ise, oluşabilecek en büyük hata Δx yaklaşık 0.5 mm'dir. Yani, eğer herhangi bir şeyi x olarak ölçtüyseniz ve mümkün olan en büyük hata Δx ise, x 'in gerçek değeri $(x + \Delta x)$ ile $(x - \Delta x)$ arasında bir yerdedir.

Çok Değişkenli Fonksiyonlar İçin Hata Hesabı:

Eğer bir büyüklüğün ölçülmesindeki hatayı tayin edebilirsek; bu niceliğe bağlı başka bir değişken için, sonuçtaki hatanın değerini hesaplamak kolay bir iş olacaktır. Mesela; x 'i mümkün olabilecek en büyük Δx hatası ile ölçersek, x 'e bağlı bir r fonksiyonundaki ($r = f(x)$) en büyük hatayı

$$\Delta r = |f(x + \Delta x) - f(x)| \quad (1)$$

eşitliği yardımıyla kolayca hesaplayabiliriz. Bu eşitlik r 'nin gerçek değerinin $(r + \Delta r)$ ile $(r - \Delta r)$ arasında olduğunu göstermektedir. Şayet sonuç sırasıyla

Δx , Δy ve Δz gibi mümkün olabilecek en büyük hatalara sahip x , y ve z değişkenlerine bağlı ise;

$$r = f(x, y, z)$$

ve

$$\Delta r = |f(x + \Delta x, y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y + \Delta y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y, z + \Delta z) - f(x, y, z)|$$

(2)

eşitlikleri yazılabilir.

Aşağıda bileşik sonuçlara ait bazı hata formülleri verilmiştir. Burada x ve y

ölçmelerinin sırasıyla Δx ve Δy hatalarına sahip olduğu kabul edilmiştir.

Toplama: Şayet $r = x + y$ şeklinde ise, r 'de mümkün olabilecek en büyük hata

$$\Delta r = \Delta x + \Delta y$$

formülü yardımıyla hesaplanabilir. Bu sonuç denklem (1) ve (2) kullanılarak elde edilebilir.

Çıkarma: Eğer $r = x - y$ şeklinde ise, r 'de mümkün olabilecek en büyük hata

$$\Delta r = \Delta x + \Delta y$$

formülü yardımıyla hesaplanabilir. Çünkü hatalar birbirini yok etmeyip üst üste eklenirler.

Çarpma: Şayet $r = xy$ şeklinde ise,

$$\Delta r = (\Delta x) y + x(\Delta y)$$

dir. Yukarıdaki formülün her iki tarafı $1/r$ ile çarpılırsa

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{(\Delta x) y}{xy} + \frac{x(\Delta y)}{xy}$$

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$$

eşitliği elde edilir. Burada sonucun $r + \Delta r$ şeklinde ifade edilmesi gerektiğine dikkat

etmek gerekir. $r + \Delta r/r$ şeklinde ifade etmek yanlıştır.

Üstel: n 'nin herhangi bir sayı olması şartı ile $r = x^n$ ise r 'deki bağıl hata

$$\frac{\Delta r}{r} = n \frac{\Delta x}{x}$$

formülünden yararlanarak bulunabilir.

Trigonometrik fonksiyonlar: Şayet $r = \sin x$ ise r 'de mümkün olabilecek en büyük hata

$$\Delta r = \sin(x + \Delta x) - \sin x$$

şeklinde dir.

Yukarıdaki işlemler sadeleştirildiği takdirde oldukça basit bir hale gelir. Mesela, denklem (2) bu yolla

$$\Delta r = \left| \frac{\Delta f}{\Delta x} \Delta x \right| + \left| \frac{\Delta f}{\Delta y} \Delta y \right| + \left| \frac{\Delta f}{\Delta z} \Delta z \right|$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bilimsel çalışmalarda mümkün olan en büyük hata yerine k.o.k (kare-ortalama-kök) hatası kullanılır. Bu sebeple bilimsel çalışmalarda

$$\Delta r = \sqrt{\left(\frac{\Delta f}{\Delta x} \Delta x \right)^2 + \left(\frac{\Delta f}{\Delta y} \Delta y \right)^2 + \left(\frac{\Delta f}{\Delta z} \Delta z \right)^2}$$

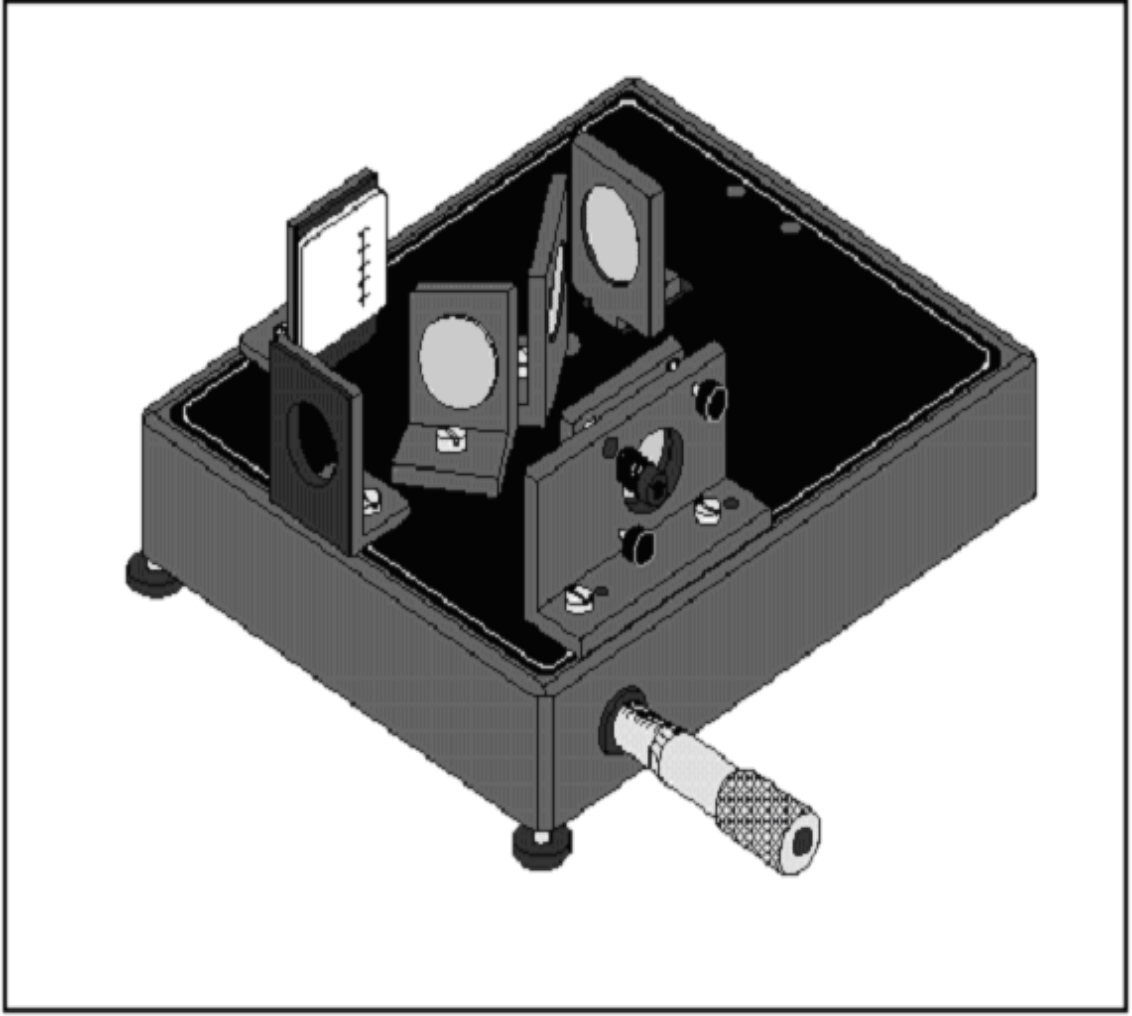
eşitliği kullanılır.

DENEY NO: 1

DENEY ADI: MICHELSON GİRİŞİMÖLÇERİ



DENEYİN TEORİSİ



Şekil 1.1. Michelson girişimölçer deney düzeneğinin şematik gösterimi

Hassas girişimölçer (interferometre), girişim ölçümüne hem teorik hem de pratik bir giriş sağlar. Michelson girişimölçeri tarihsel olarak önemlidir ve ayrıca temel prensipleri anlamak için basit bir temel sağlar. Bu sistemle ışığın dalga boyu, havanın ve diğer malzemelerin kırılma indisleri ölçülebilir.

Bir ışık demeti salınan elektrik ve manyetik alan dalgası olarak modellenebilir. İki ya da daha fazla ışık demeti uzayda karşılaştığında süper pozisyon prensibine göre bu alanlar birleşir. Böylece, uzayda her noktada elektrik ve manyetik alanlar ayrı demetlerin alanlarının vektörel toplamı olarak belirlenir.

Eğer her ışık demeti farklı kaynaktan geliyor ise, genellikle demetlerdeki elektromanyetik salınımlar arasında sabit bir ilişki yoktur. Herhangi bir anda uzayda alanların bir maksimum alan şiddeti oluşturmak üzere toplandığı noktalar olacaktır. Bununla birlikte, görünür ışığın salınımları insan gözünün algılayabileceğinden çok daha hızlıdır. Salınımlar arasında belli ilişkiler olmadığından bir anda maksimum olan noktada bir sonraki anda minimum olabilir. İnsan gözü bu sonuçların ortalamasını alır ve düzgün bir ışık şiddeti algılar.

Eğer ışık demetleri aynı kaynaktan geliyorsa, genellikle salınımların frekans ve fazları arasında belli bir dereceye kadar uyum (korelasyon) vardır. Uzayda bir noktada demetlerden gelen ışık sürekli aynı fazda olabilir. Bu durumda kombine olmuş alan daima maksimum olacak ve parlak bir nokta görülecektir. Diğer bir noktada demetlerden gelen ışık sürekli aynı fazda olmayabilir ve bir minimum ya da karanlık nokta görülür.

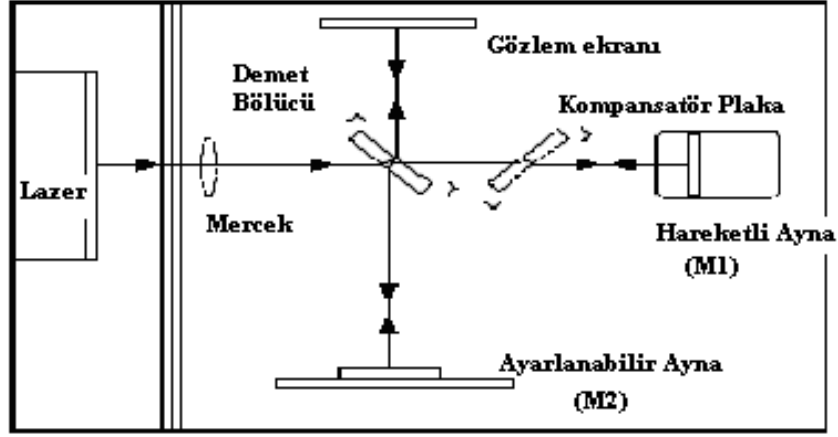
Thomas Young böyle bir girişim deseninin oluşturulmasıyla ilgili bir yöntem tasarlanmıştır. Tek dar ışık demetini iki dar, yakın yerleştirilmiş yarık üzerine düşürmüş ve yarıkların karşısına bir ekran yerleştirmiştir. Işığın ekrana çarptığı yerde, düzgün bir karanlık ve aydınlık bant deseni gözlenmiştir. Young'ın deneyi ilk gerçekleştirildiğinde ışığın dalga yapısı için önemli bir kanıt olarak önermiştir.

Young yarıkları basit bir girişimölçer olarak kullanılabilir. Eğer yarıklar arasındaki mesafe biliniyorsa, maksimum ve minimumların yerleşimleri ışığın dalga boyunun belirlenmesi için kullanılabilir. Diğer taraftan eğer ışığın dalga boyu biliniyorsa, girişim deseninden yarıklar arası mesafe belirlenebilir.

1881'de, Young'ın çift yarık deneyinden 78 yıl sonra, A. A. Michelson benzer bir prensibi kullanarak bir girişimölçer tasarlanmıştır (Şekil 1.1). Aslında Michelson, girişimölçerini içerisinden ışık geçen ortam olduğu varsayılan eterin varlığını test etmek amacıyla tasarlanmıştır. Çalışmaları ile eter artık uygulanabilir bir hipotez olarak düşünülmekten çıktı. Ancak bunun ötesinde, Michelson'un girişimölçeri ışığın dalga boyunun ölçülmesi, dalga boyu bilinen bir ışık kaynağının çok küçük mesafelerin ölçülmesinde kullanılması ve optik ortamın araştırılması için yaygın olarak kullanılan bir cihaz haline gelmiştir.

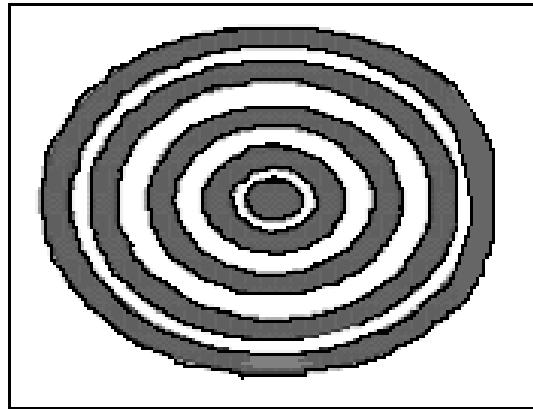
Şekil 1.2 Michelson girişimölçerinin diyagramını göstermektedir. Lazerden gelen ışık demeti gelen ışığın %50'sini geçirip, %50'sini yansıtan bir demet bölücüye çarpar. Böylece gelen demet

ikiye ayrılır; bir demet hareketli aynaya (M1) doğru geçer, diğeri ise ayarlanabilir aynaya (M2) doğru yansıtılır. Her iki ayna da ışığı doğrudan demet bölücüsüne doğru geri yansıtır. M1den gelen ışığın yarısı ise demet bölücüsünden ekrana geçirilir.



Şekil 1.2. Michelson girişimölçerinde ışığın izlediği yolun şematik gösterimi

Bu yolla orijinal ışık demeti yarılr ve oluşan demetlerin bir kısmı tekrar bir araya getirilir. Demetler aynı kaynaktan geldiği için fazları belli bir ilişki içindedir. Lazer kaynağı ve demet bölücüsü arasında bir mercekle yerleştirildiğinde ışık yarılr ve aydınlık ve karanlık halkalardan ya da saçaklardan oluşan bir girişim deseni ekranda gözlenir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Girişim deseninde oluşan aydınlık ve karanlık saçaklar

İki girişen ışık demeti aynı demetten yarıldığı için, başlangıçta aynı fazda olacaklardır. Dolayısıyla ekran üzerinde herhangi bir noktada karşılaştıklarında göreceli fazları, bu noktaya ulaşana kadar aldıkları optik yollar arasındaki mesafe farkına bağlı olacaktır. M1'i hareket ettirerek demetlerden birinin aldığı yol uzunluğu değiştirilebilir. Demet M1 ve demet bölücüsü

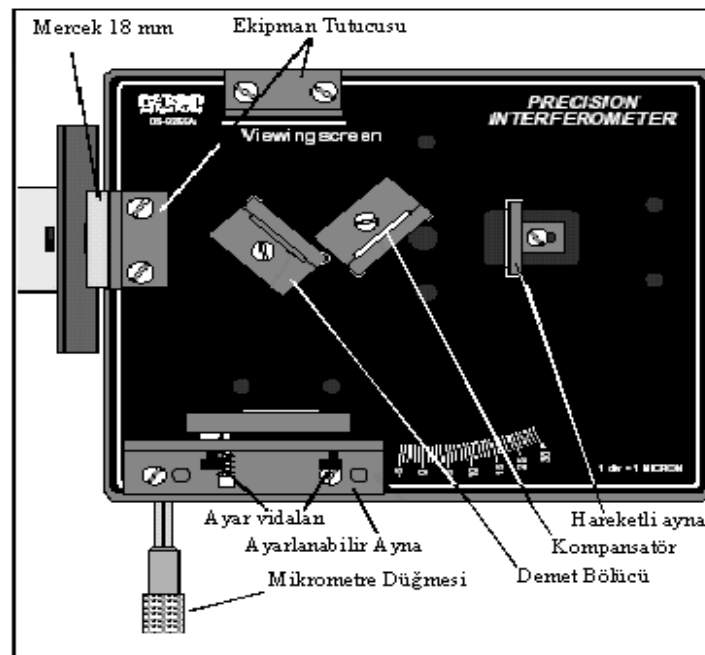
arasındaki mesafeyi iki kez kat ettiği için $M1$ 'i demet bölücüye $1/4$ dalgaboyu kadar yaklaştırmak bu demetin optik yolunu $1/2$ dalgaboyu kadar azaltacaktır. Girişim deseni değişecek, maksimumların yarıçapı küçülecek böylece önceki minimumların konumuna geleceklerdir. Eğer $M1$ demet bölücüye doğru $1/4$ dalgaboyu daha yaklaşırsa, maksimumların yarıçapı yine küçülecek, öyle ki maksimumlar ve minimumlar yer değiştirmiş olacak; ancak bu yeni durum orijinal desenden ayırt edilemeyecektir.

Aynayı ölçülen bir d_m mesafesi kadar hareket ettirerek ve N (saçak deseni orijinal haline gelene kadar geçen saçak sayısı) sayılarak ışığın dalga boyu (λ) hesaplanabilir:

$$\lambda = \frac{2d_m}{N} \quad (1)$$

Eğer ışığın dalga boyu biliniyorsa, aynı işlem d_m 'nin ölçülmesinde de kullanılabilir.

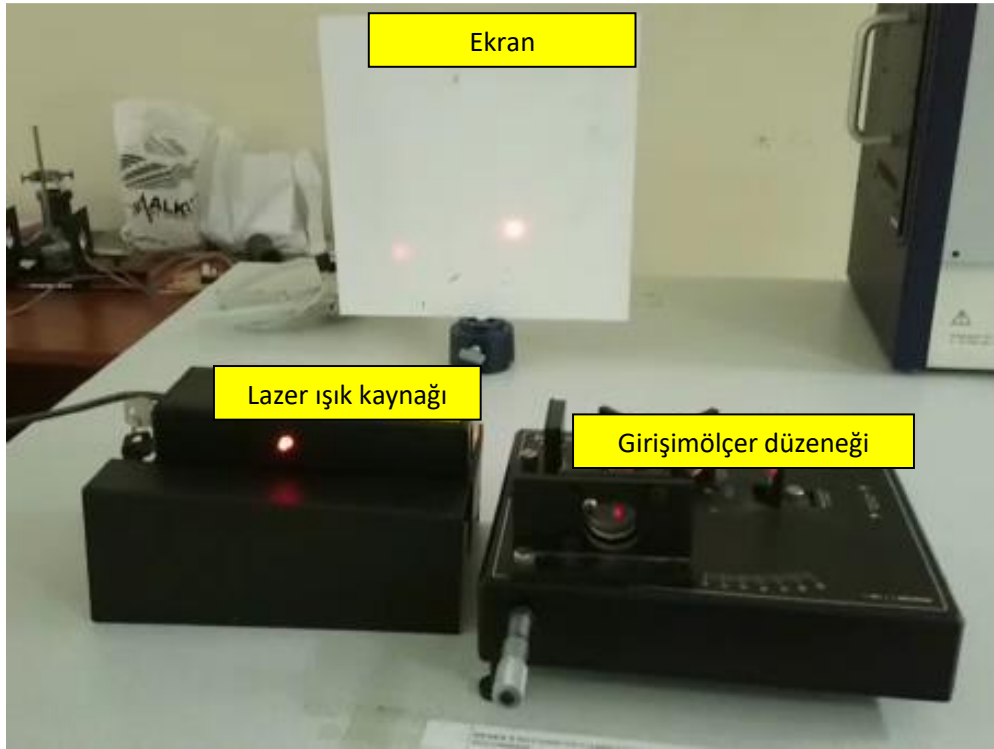
Genelde bir girişimölçer iki yolla kullanılabilir. Eğer ışık kaynağının özellikleri (dalgaboyu, kutuplanması, yoğunluğu) kesin olarak biliniyor ise, demet yolundaki değişimler gözlemlenebilir ve girişim deseni üzerindeki etkileri analiz edilebilir. Diğer yandan demet yolundaki özel değişiklikler gözlenerek kullanılan ışık kaynağı hakkında bilgi edinilebilir. Bu deneyde girişimölçeri ışık kaynağınızın dalgaboyunu ölçmek ve kaynağın kutuplanmasını araştırmak için kullanacaksınız.



Şekil 1.4. Michelson girişimölçer düzeneği bölümleri

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

1. Lazer ışık kaynağı
2. Girişimölçer deneyi tablası
3. Mercek ($f=18\text{mm}$)
4. Işık demeti bölücü
5. Düzlem ayna(x2)
6. Mikrometre
7. Ekran



Şekil 1.5. Laboratuvar girişimölçer deney düzeneği fotoğrafı

DENEYİN YAPILIŞI

I.Bölüm: Lazer ışığının dalga boyunun belirlenmesi

A. Deney düzeneğinin kurulması

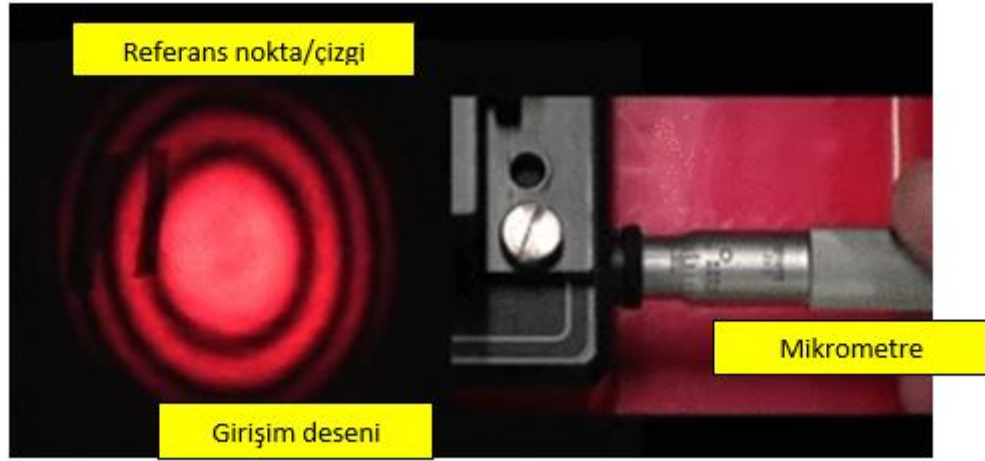
1. Lazer ve interferometre tablası aynı hizaya getirilir. Lazer demeti tablanın yüzeyi ile yaklaşık paralel olmalı, hareketli aynanın merkezine düşmeli ve lazer çıkışına geri yansımalıdır.

2. 18 mm odak uzaklığındaki merceği lazerin hemen önündeki, tabla üzerindeki parça tutucusunun mıknatıslı yüzeyine yerleştirin ve gelen ışın demetinin mercekten geçtikten sonra demet bölücünün merkezine gelmesini sağlayana kadar konumunu ayarlayın.
3. Ayarlanabilir ayna interferometre tablasına yerleştirilir.
4. Demet bölücü ile lazer demeti arasındaki açı 45° olacak şekilde yerleştirilir. Yansıyan ışının ayarlanabilir aynanın merkezi yakınına düşmesi için demet bölücünün açısı gerektiği kadar ayarlanır.
5. Ekran üzerinde, biri hareketli aynadan diğeri ise ayarlanabilir aynadan gelen iki parlak nokta birbirine mümkün olduğunca yakın hale gelinceye kadar demet bölücünün açısı ayarlanır ve sonra demet bölücü vida yardımıyla sabitlenmelidir.
6. Daha sonra, ayarlanabilir aynanın arkasındaki vidaları kullanarak aynanın eğimini gözlem ekranındaki iki nokta grup birbiri ile çakışmaya kadar ayarlayın.
7. Deneye başlamadan önce mikrometrenin kalibrasyonunu yapınız.
8. Işık kaynağı olarak lazer kullanıldığından girişim halkaları elde etmek için kompensatör (dengeleyici) gerekli değildir. Ancak kompensatör kullanılması arzu ediliyorsa demet bölücüye dik olarak yerleştirilir.

B. Deney düzeneğinin işleyişinin kontrolü

1. Lazer ışık kaynağını açıp yukarıdaki düzenlemeleri yaptıktan sonra, ekranda dairesel saçaklar görmemiz gerekir. Eğer göremiyorsanız, ayarlanabilir aynanın eğimini saçaklar görülünceye kadar dikkatle ayarlayın.
2. Girişim deseninizin mükemmel bir şekilde simetrik veya net olması şart değildir. Maksimum ve minimumları açıkça ayırt edebiliyorsanız, doğru ölçümler yapabilirsiniz.
3. Sabit aynanın arkasındaki ayar vidalarını kullanarak girişim desenini gözlem ekranının merkezine getirin.
4. Ekranınız üzerinde milimetrik ölçek varsa ölçek üstünde, yoksa ekran üzerinde kendi belirlediğiniz bir referans çizgisi/noktası seçin.
5. Belirlediğiniz referans çizgisini/noktasını ekranda oluşan girişim deseni üzerindeki herhangi bir aydınlık (maksimum) ve bir karanlık (minimum) arasındaki sınıra getirin.
6. Mikrometre düğmesini çevirin. Bunu yaptığınızda ayarlanabilir ayna hareket edecek ve bununla birlikte girişim deseninizdeki çizgiler hareket edecektir.
7. Mikrometre düğmesini bir sonraki maksimum ve minimum arasındaki sınır ilk sınırla aynı konuma gelinceye kadar çevirin (saçak deseni ilk konumdaki ile aynı görünmelidir). Bu durumda bir saçak geçmiş olur.

8. Saçakları saymak için mikrometre düğmesini çevirirken, saymaya başlamadan önce daima tam bir tur çevirin ve sonra sayarken aynı yönde çevirmeye devam edin. Bu yöntem mikrometre hareketindeki "boşluktan" doğabilecek hataları hemen hemen tümüyle ortadan kaldıracaktır. Daha yüksek doğruluk için daima birkaç okuma yapın ve bunların ortalamasını alın.
9. Mikrometre düğmesini yaklaşık 50 μm okumaya ayarlayın. Bu konumda, mikrometre okuması ve ayna hareketi arasındaki ilişki hemen hemen doğrusaldır.
10. Mikrometre düğmesini saat yönünün tersine tam bir tur çevirin. Referans çizgisi ile kolun üzerindeki sıfır çakışınca kadar saat yönünün tersine çevirmeye devam edin.



C. Deneysel verilerin elde edilmesi

1. Ekran üzerinde varsa milimetre ölçeği üzerindeki noktalardan herhangi birisi yoksa sizin belirlediğiniz referans çizgisi/noktası ile girişim deseninizdeki saçaklardan biri çakışacak şekilde gözlem ekranının konumunu ayarlayın.
2. Bu durumda mikrometrede okunan değeri kaydedin. Mikrometre okumasını Tabloda d_1 olarak kaydediniz.
3. Mikrometre düğmesini yavaşça saat yönünün tersine çevirin. Bu durumda girişim desenindeki saçaklar hareket etmeye başlayacaklardır. Ekran üzerinde işaretlenen bir noktadan geçen saçakları sayın (en az 20 saçak).
4. Saçak sayma işlemi bittiğinde, başlangıçtaki referans çizgisi üzerinde hangi saçak (aydınlık-karanlık) var ise sayma işlemi bittiğinde yine aynı saçak olmalıdır.
5. Saçak sayma işlemi bittiğinde mikrometreden okuma yapınız ve Tablodaki d_2 sütununa kaydediniz.
6. Saydığınız saçak geçişlerini (N), geçen saçak sayısını tabloya kaydediniz.

7. Aynı şekilde deneysel ölçümü 5 kez tekrar ediniz.
8. Işığın dalga boyunu her bir ölçüm sonucu için $\lambda=2d_m/N$ bağıntısını kullanarak hesaplayınız ve Tabloya kaydediniz
9. Bulduğunuz dalga boyunun ortalamasını alınız.
10. Bu değeri, kullandığınız lazerin gerçek dalga boyu (632,8nm) ile karşılaştırıp sonuçları yorumlayınız.

.....

Ek bilgi: Mikrometrede sayı okuma nasıl olur?

Mikrometreler, küçük uzunlukları büyük hassasiyetle okuyabilen aletlerdir. Cırcır, tambur kovan gibi bölümleri bulunmaktadır. Mikrometrede bir uzunluğun ölçümü aşağıda verilmiştir.



Önce bu bölgedeki tamsayı yazılır.

Bu örnek için: 2mm

İkinci olarak bu bölgedeki, bir milimetrenin dörde bölünmesiyle oluşan her biri 0.25 mm aralıklı ölçekteki uzunluk yazılır.

Bu örnek için: 0.50mm

Üçüncü olarak bu bölgedeki, yatay eksenle kesişen sayı yazılır. Bu bölgedeki aralıklar milimetrenin yüzde biri olarak ölçeklendirilmiştir.

Bu örnek için: 0.09mm

Son olarak tüm bu sayılar toplanır.

Bu örnek için: $2+0.50+0.09=2.59\text{mm}$

Tablo 1.1. Deneysel veri ve hesaplama tablosu

Ölçüm	Ekran üzerindeki işaretli noktadan geçen saçak sayısı N	d_1 (μm)	d_2 (μm)	$d_m = d_2 - d_1$ (μm)	$\lambda = 2d_m/N$ (nm)
1					
2					
3					
4					
5					

SORULAR

1. Deneyin ikinci kısmının ilk basamağındaki gözlemlerinizi ışık kaynağının kutuplanma özelliklerini belirleyebilir misiniz? Bu özellikler zamana bağlı olarak değişirler mi?
2. Basamaktaki gözlemlerinizi ışık kaynağınızın kutuplanması hakkında daha fazla bilgi verir mi?
3. Basamaktaki gözlemlerinize bağlı olarak kesişen kutuplu demetler girer mi?
4. Mikrometre hareketine bağlı olan λ değerinin belirlendiği hesaplamada, d_m niçin 2 ile çarpılmıştır?
5. Ayna tek bir saçak yerine niçin birçok saçak geçişi boyunca hareket ettirilmiştir? Niçin birçok okuma yapılarak sonuçların ortalaması alınmıştır?
6. Eğer ışık kaynağınızın dalgaboyu kesin olarak biliniyorsa, sonuçlarınızı bilinen değer ile karşılaştırın. Eğer bir fark varsa bunu nasıl yorumlarsınız?
7. Girişimölçer üzerindeki mikrometre kadranını kullanarak ayna hareketini ölçerken, ölçümünüzün hassasiyetini hangi faktörler sınırlanmaktadır?
8. Dalgaboyu bilinen bir ışık kaynağı kullandığınızda saçakları sayarak ayna hareketini ölçerken, ölçümünüzün hassasiyetini hangi faktörler sınırlandırmıştır?

DENEY NO: 2

**DENEYİN ADI: MICHELSON INTERFEROMETRESİ
KULLANILARAK HAVANIN KIRILMA İNDİSİNİN BULUNMASI**



DENEYİN TEORİSİ

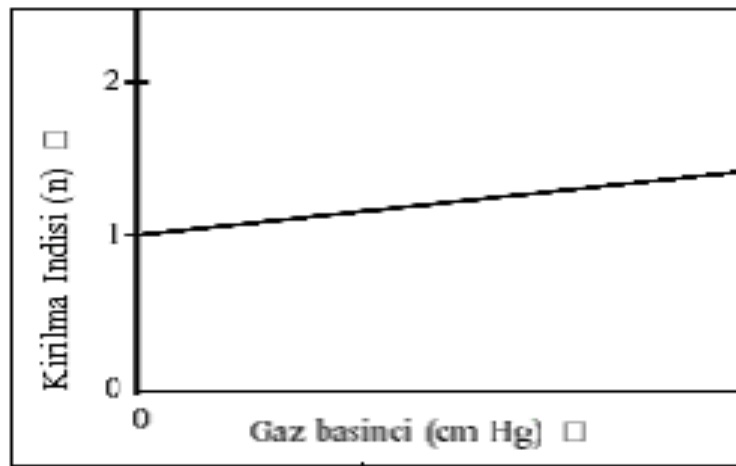
Michelson girişimölçerinde saçak deseninin özellikleri iki girişen demetin arasındaki faz ilişkisine bağlıdır. Faz ilişkilerini değiştirmenin iki farklı yolu vardır.

1. Bir demetin ya da her iki demetin birden (örneğin hareketli aynayı hareket ettirerek) aldığı yolu değiştirmektir.
2. Bir ya da her iki demetin de geçtiği ortamı değiştirmektir.

Her iki yöntem de girişim desenini etkileyecektir. Bu deneyde havanın kırılma indisini ölçmek için ikinci yöntemi kullanacaksınız. Özel bir frekanstaki ışık için, λ dalga boyu aşağıdaki formüle göre değişir:

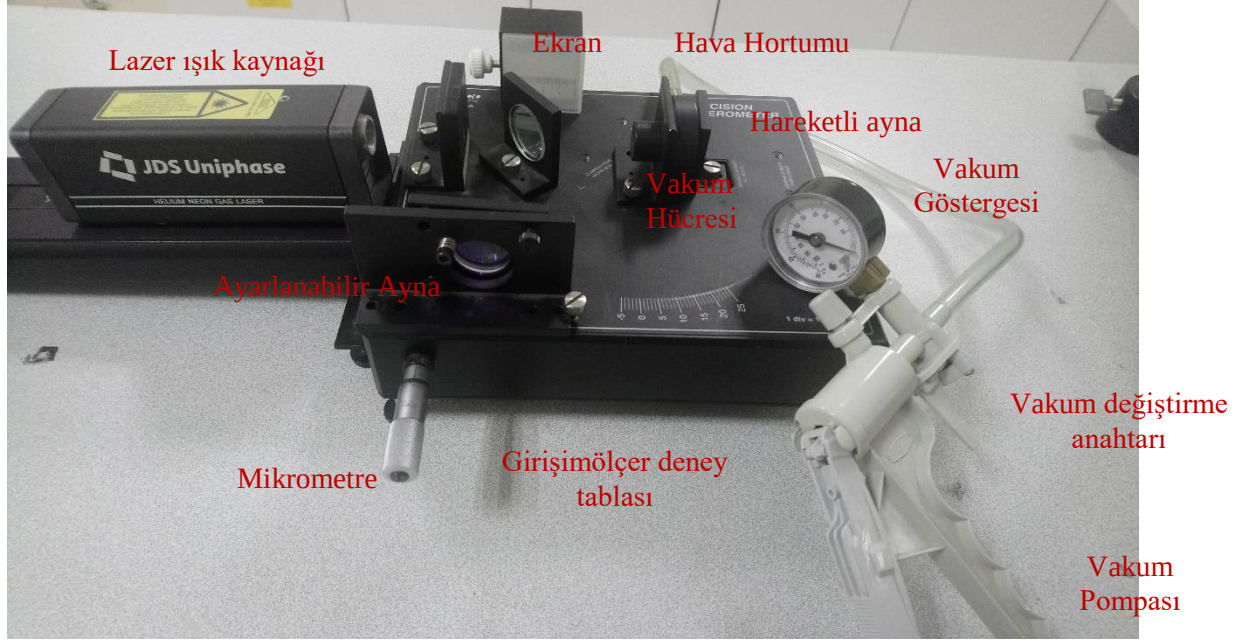
$$\lambda = \lambda_0/n \quad (1)$$

Burada λ_0 ışığın vakum altındaki dalga boyu ve n ise ışığın içerisinden geçtiği maddenin kırılma indisidir. Makul düşük basınçlar için kırılma indisi gaz basıncı ile doğrusal olarak değişir. Tabi ki basıncın sıfır olduğu vakum için kırılma indisi tam olarak 1'dir. Kırılma indisinin bir gaz için basınca göre değişim grafiği Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Deneysel olarak eğrinin belirlenmesiyle, havanın kırılma indisi değişik basınçlarda belirlenebilir.



Şekil 2.1. Gaz basıncına karşı kırılma indisi

DENEY DÜZENEGİ



DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

1. Lazer ışık kaynağı
2. Girişimölçer deneyi tablası
3. Mercek ($f=18\text{mm}$)
4. Işık demeti bölücü
5. Düzlem ayna(Taşınabilir ayna, Ayarlanabilir ayna)
6. Mikrometre
7. Ekran
8. Vakum haznesi
9. Vakum pompası
10. Vakum değiştirme anahtarı
11. Hava hortumu
12. Vakum göstergesi

DENEYİN YAPILIŞI

1. Girişimölçer deney tablası ve lazerden oluşan deney düzeneğini “girişimölçer” deneyindeki gibi düzenleyin.
2. Vakum hücresini ayarlanabilir aynanın önüne yerleştirin.
3. Vakum hücresinin çıkışına hava hortumunu geçirin.
4. Hava hortumunun diğer ucunu, vakum göstergesi, vakum pompası ve vakum değiştirme düğmesi olan el vakum ünitesinin çıkışına geçirin.
5. Düzeneği kurduktan sonra lazeri açın ve ekrandaki girişim desenini gözlemleyin.
6. Girişim deseninin merkezinin gözlem ekranında temiz bir şekilde görülebilmesi için sabit aynanın konumunu gerektiği kadar ayarlayın. (Vakum hücresinin cam plakalarının düzgün olmayışından dolayı saçak deseni biraz sapacaktır. Bu bir problem değildir.)
7. Hassas ölçümler için vakum hücresinin plakaları lazer demetine dik olmalıdır.
8. Vakum değiştirme anahtarını çevirerek vakum hücresi içerisindeki havayı atmosfer basıncına eşitleyin. Bu değer hava pompasının üstündeki ibrede 0 olarak gözükmektedir. Yani buradaki sıfır basıncın sıfır olduğu değil, dış basınçla, hücre içindeki basıncın eşit olduğunu göstermektedir.
9. Vakum pompasına basarak vakum hücresi içerisini hava ile doldurunuz.(50 kPa)
10. Vakum pompasının göstergesindeki ilk okumayı (P_i 'yi) kaydedin.
11. Ekran üzerinde girişim desenindeki değişimi gözlemlemek için bir referans çizgisi/noktası belirleyin. Bu çizginin üzerine girişim desenindeki aydınlık ya da karanlık çizgilerden birini sabitleyin.
12. Vakum hücresi içerisindeki 10 kPa'lık havayı, vakum değiştirme anahtarını yavaşça çevirerek dışarı çıkarın.
13. Bunu yaparken, ekran üzerindeki referans noktanız üzerinden,sabitlediğiniz özellikteki saçak çizgisinden kaç tane geçtiğini (N) sayın ve not edin.
14. Son basınç değerini not edin.
15. Hava hücresi içerisindeki maksimum hava basıncından başlayarak basıncı 10 kPa'lık değişimle 0 kPa oluncaya kadar azaltın.
16. Herbir değişim için vakum göstergesi üzerindeki ilk ve son basınçları kaydedin.
17. Herbir değişim için geçen saçak sayısı değerini kaydedin.
18. Ölçüm sonuçlarınızı tabloya kaydedin.

19. Not: Deneysel veri almak için; dolu vakum hücresinden boş vakum hücresine doğru ölçüm alabileceğiniz gibi, boşaltılmış vakum hücresi ile başlayıp daha sonra havanın yavaşça girmesine izin vererek saçakları saymada tercih edilebilir. Hangi yöntem sizin için daha uygunsa onu kullanın.)

Tablo 2.1. Deneysel veri tablosu

P_i kPa	P_f kPa	N
50	40	
40	30	
30	20	
20	10	
10	0	

ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

Çoğu vakum göstergeleri basıncı, atmosferik basınçla ilgili olarak ölçer. Bu durumda mutlak basınç şöyle hesaplanmalıdır (1 atm=76 cmHg =101.325 kPa)

$$P_{mutlak}=P_{atmosferik}-P_{gösterge} \quad (2)$$

Lazer demeti demet bölücü ile hareketli ayna arasında ileri geri yol aldığı gibi, vakum hücresinden iki kez geçer. Hücrenin dışarısında, deney sırasında iki girişimölçer demetinin optik yol uzunlukları değişmez. Bununla birlikte hücrenin içerisinde, ışığın dalgaboyu basınç azaldıkça büyür.

Orijinal hücre boyunun (d), 10 dalgaboyu uzunluğunda olduğunu varsayalım (tabii ki çok daha uzundur). Hücreyi pompalarken, bir noktada, hücre yalnız 9-1/2 dalgaboyu uzunluğunda olana kadar, dalgaboyu artar. Lazer demeti hücreden iki kez geçtiğinden, şimdi ışık hücre içerisinde bir eksik salınımına uğrayacaktır. Bu, girişim deseni üzerinde, hareketli aynanın demet bölücüye doğru

1/2 dalgaboyu kadar hareket ettirilmesi ile aynı etkiyi yapar. Böylece tek bir saçığın geçişi meydana gelmiş olacaktır.

Aslında hücre içerisinde ışığın $N_i = 2d / \lambda_i$ dalgaboyları (lazer demetinin tüm geçişleri sayılarak) vardır. Son basınçta hücre içerisinde $N_f = 2d \lambda_f$ dalgaboyları vardır. Bu değerler arasındaki farklar, $N_i - N_f$, hücreyi boşaltırken saydığımız saçakların miktarı olan N 'dir. Dolayısıyla:

$$N = (2d / \lambda_i) - (2d / \lambda_f) \quad (3)$$

dir. Bununla birlikte, $\lambda_i = \lambda_0 / n_i$ ve $\lambda_f = \lambda_0 / n_f$ dir; burada n_i ve n_f hücre içerisindeki havanın ilk ve son kırılma indisi değerleridir. Dolayısıyla $N = 2d (n_i - n_f) / \lambda_0$ 'dır; böylece $n_i - n_f = N \lambda_0 / 2d$ 'dir. Bu nedenle n 'ye karşı basınç grafiğinin eğimi şöyle olacaktır:

$$\frac{n_i - n_f}{P_i - P_f} = \frac{N \lambda_0}{2d(P_i - P_f)} \quad (4)$$

P_i : İlk hava basıncı

P_f : Son hava basıncı

n_i : P_i basıncında havanın kırılma indisi

n_f : P_f basıncında havanın kırılma indisi

N : Havanın boşaltılması sırasında sayılan, geçen saçak miktarı

λ_0 : Vakumda lazer ışığının dalgaboyu

d : Vakum hücresinin boyu (3,0 cm).

1. Her bir basınç değişimine karşılık gelen kırılma indisi değişim değerlerini denklem 4'ten hesaplayınız. Hesaplamalarınızı açıkça gösteriniz. (bu hesaplamayı yaparken basınç 0 kPa olduğunda kırılma indisinin değeri $n_0=1$ olduğu bilindiği için, tablodaki en alt satırdan yukarıya doğru ilerleyiniz)

Tablo 2.2. Hesaplama tablosu

P_i kPa	P_f kPa	N	$n_i - n_f$
50	40		
40	30		
30	20		
20	10		
10	0		

(Not: hesaplama yaparken basıncın gösterge değerlerini kullanabilirsiniz)

2. Her bir basınç değeri için havanın kırılma indisi değerlerini yazınız.

Tablo 2.3. Hesaplama tablosu

P (kPa)	n
50	
40	
30	
20	
10	
0	1

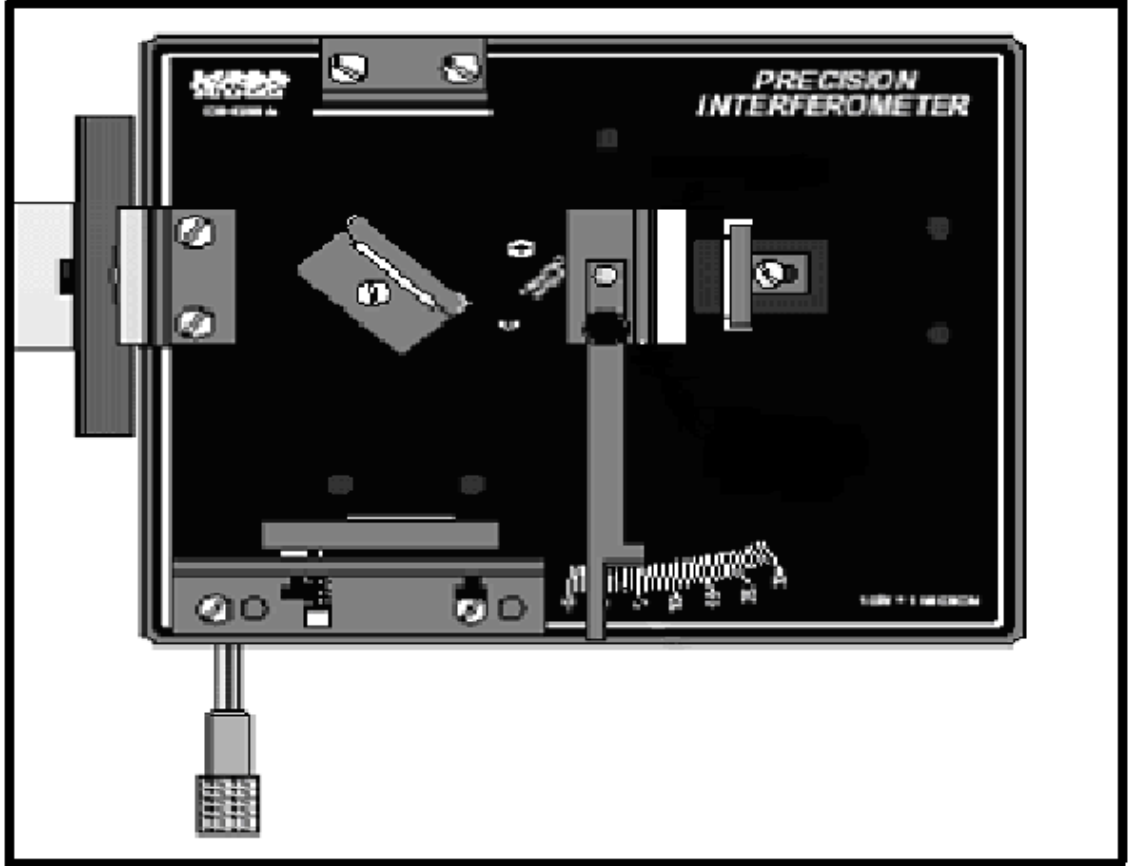
3. Tablo 2.3'deki verileri kullanarak, milimetrik kağıda Şekil 2.1'de olduğu gibi hava için kırılma indisine karşı basınç grafiğini çiziniz.
4. Çizdiğiniz grafiğin eğimini bulunuz.

SORULAR

1. Grafiğinizden hava için 1 atmosfer (76cmHg) basınçta kırılma indisi, n_{atm} nedir?
2. Bu deneyde, basınç ve kırılma indisi arasında lineer bir ilişki olacağı varsayılmıştı. Bu varsayımı nasıl test etmelisiniz?
3. Bir gaz için kırılma indisi basınca bağlı olduğu kadar sıcaklığa da bağlıdır. Hava için kırılma indisinin sıcaklığa bağımlılığını gösterecek bir deney tasarlayın.

DENEY NO: 3

**DENEYİN ADI: MICHELSON INTERFEROMETRESİ KULLANARAK
CAMIN KIRILMA İNDİSİNİN BULUNMASI**

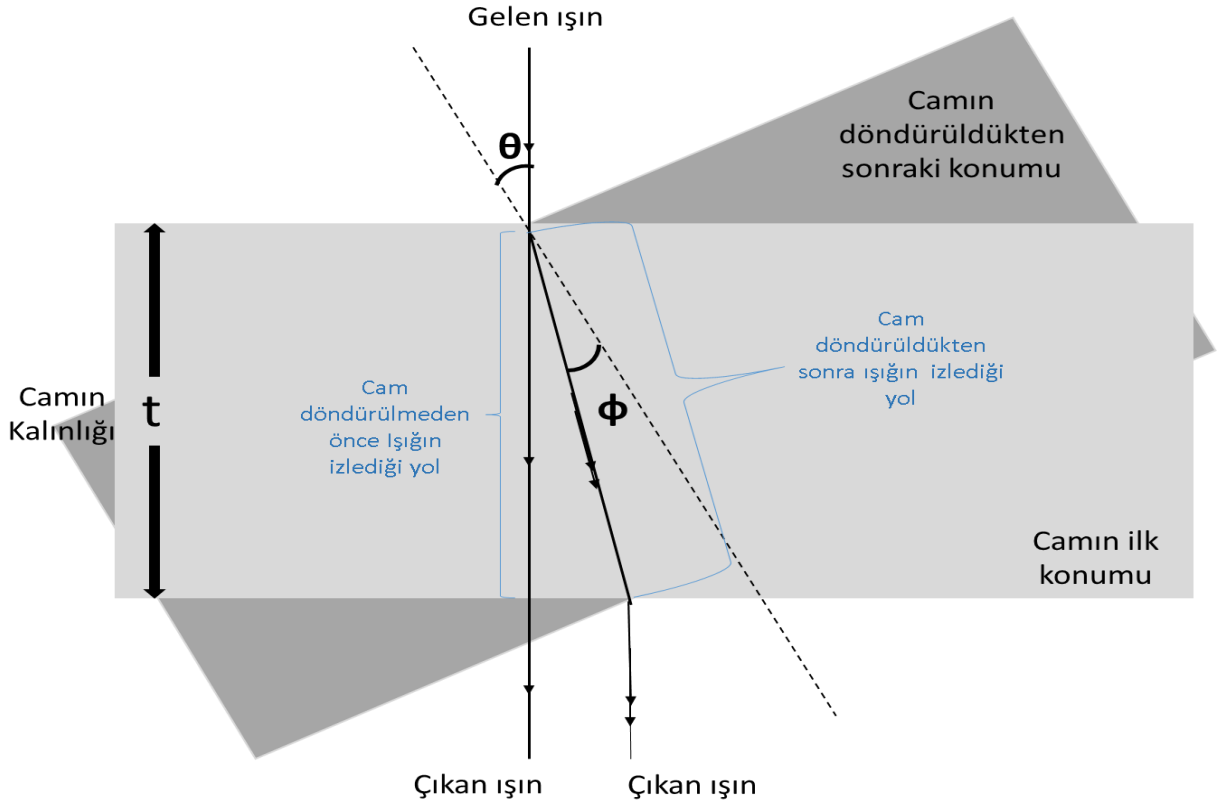


DENEYİN TEORİSİ

Michelson girişimölçerinde saçak deseninin özellikleri iki girişen demetin arasındaki faz ilişkisine bağlıdır. Faz ilişkilerini değiştirmenin iki farklı yolu vardır.

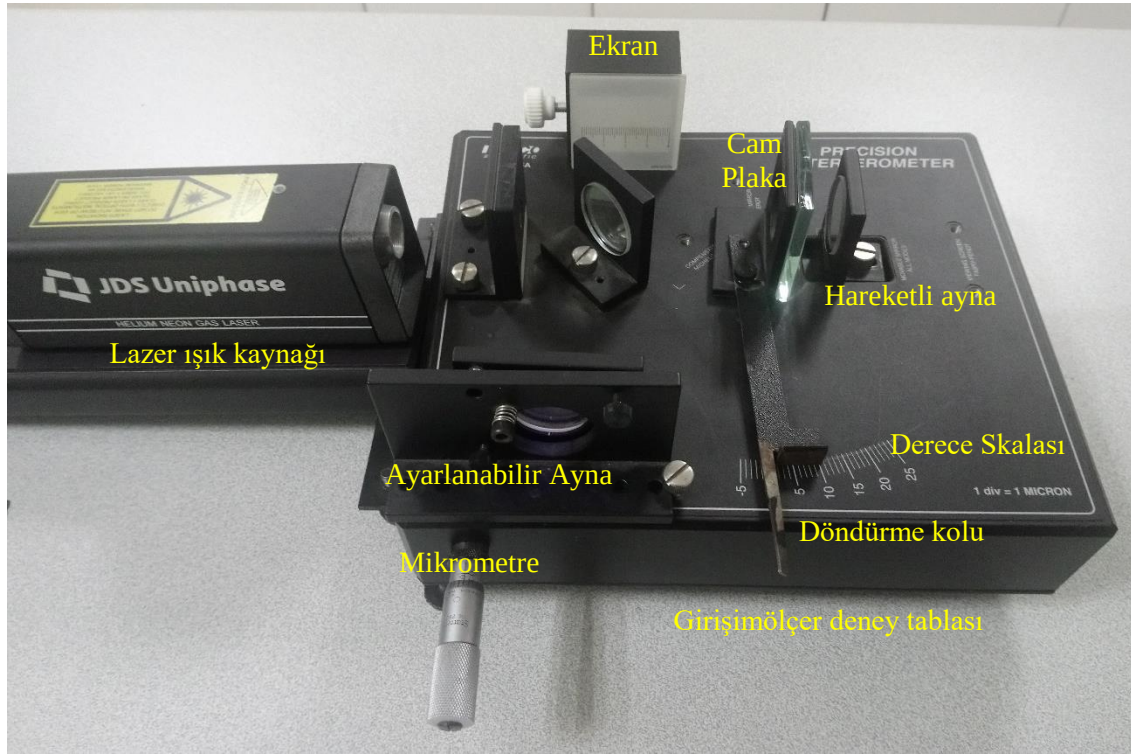
1. Bir demetin ya da her iki demetin birden aldığı yolu değiştirmek
2. Bir ya da her iki demetin de geçtiği ortamı değiştirmek

Her iki yöntem de girişim desenini etkileyecektir. Bir önceki deneyde havanın kırılma indisi Michelson girişimölçerinde sabit bir demet yolu uzunluğu boyunca havanın yoğunluğunu yavaşça değiştirerek ölçüldü. Bu yöntem doğal olarak cam gibi katı bir maddenin kırılma indisinin tespitinde işe yaramayacaktır. Bu deneyde camın kırılma indisini ölçmek için ilk yöntem kullanılacaktır. Dolayısıyla, camın kırılma indisini ölçmek için, girişimi meydana getiren demetlerden birinin yolu üzerine yerleştirilen cam döndürülerek, ışığın geçeceği camın uzunluğu yavaşça değiştirilecektir. Hareketli ayna önüne yerleştirilen camın belirli açılarda döndürülmesiyle gelen ışığın daha fazla yol alması sağlanarak girişim desenini oluşturacak iki ışık demeti arasında faz farkı oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Cama gelen ışının, camın döndürülmesiyle izlediği yolun geometrik gösterimi

DENEY DÜZENEĞİ



Şekil 3.2. Camın kırılma indisinin bulunması deney düzeneği

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

1. Lazer ışık kaynağı
2. Girişimölçer deney düzeneği tablası
3. Ayarlanabilir ayna
4. Hareketli ayna
5. Cam plaka
6. Döndürme kolu
7. Ekran

DENEYİN YAPILIŞI

1. Girişimölçer deney tablası ve lazerden oluşan deney düzeneğini “girişimölçer” deneyindeki gibi düzenleyin.
2. Döndürme kolunu demet bölücü ile hareketli ayna arasına optik yola dik olacak şekilde yerleştirin.

3. Döndürme kolunun diğer ucunda bulunan manyetik arkalığa cam plakayı monte edin. Cam plaka takıldığında, saçaklar kayacak ve bulanıklaşacaktır. Ayna yuvasını mikrometre ile hareket ettirerek saçakları tekrar keskinleştirin.
4. Döndürme kolunu vernier skalası üzerindeki "0" köşesi ile girişimölçer tabanındaki skala üzerindeki sıfır aynı hizaya gelecek şekilde yerleştirin.
5. Düzeneği kurduktan sonra lazeri açın ve ekrandaki girişim desenini gözlemleyin.
6. Ekran üzerinde oluşan girişim desenindeki değişimi gözlemlemek için bir referans çizgisi/noktası belirleyin. Bu çizginin üzerine girişim desenindeki aydınlık ya da karanlık çizgilerden birini sabitleyin.
7. Döndürme kolunu hareket ettirerek cam plakayı yavaşça döndürün. Cam plaka 0 dereceden bir θ (10 derece) açısına kadar çevirirken, ekran üzerindeki girişim deseninde belirlediğiniz referans noktasından geçen saçakları sayın (N) ve not edin.
8. Bu işlem bittikten sonra döndürme kolunu tekrar 0 derece üzerine getirin. Bu sefer döndürme kolunu 15 dereceye kadar döndürün ve ekranda yer değiştiren saçak sayısını not edin.
9. 0° den 25° ye kadar 5 er derece değiştirerek girişim deseninde geçen saçak sayısı değerlerini bulun. Tabloya kaydedin.

Ölçüm	İlk açı θ_{ilk}	Son açı θ_{son}	$\theta = \theta_{son} - \theta_{ilk}$	Saçak Sayısı N	Camın kırılma indisi n_{cam}
1	0	10			
2	0	15			
3	0	20			
4	0	25			

Prensipte, kırılma indisinin hesaplanması için yöntem göreceli olarak basittir. Plaka döndürüldükçe ışık daha büyük bir cam uzunluğundan geçer. Böyle bir durumda kırılma indisinin ölçülmesi için genel aşamalar aşağıdaki gibidir:

Cam plaka döndürüldükçe ışık demetinin yol uzunluğundaki değişmeyi belirleyin. Yol uzunluğundaki değişimin ne kadarının cam boyunca, $d_g(\theta)$ ve ne kadarının hava boyunca $d_a(\theta)$ olduğunu belirleyin. Aşağıdaki eşitlikle yol uzunluğunun değişimi ile ölçülen saçak geçişlerini ilişkilendirin:

$$\frac{2n_a d_a(\theta) + 2n_g d_g(\theta)}{\lambda_0} = N \quad (1)$$

Burada

n_a : Havanın kırılma indisi,

n_g : Cam plakanın kırılma indisi (henüz bilinmiyor),

λ_0 : Vakumda ışık kaynağınızın dalgaboyu

N : Saydığınız saçak geçişlerinin sayısıdır.

Cam plaka için bu analizin yapılması oldukça karışıktır, bu yüzden kırılma indisinin hesaplanması için aşağıda gösterilen eşitlik verilmiştir.

$$n_g = \frac{(2t - N\lambda_0)(1 - \cos \theta)}{2t(1 - \cos \theta) - N\lambda_0} \quad (2)$$

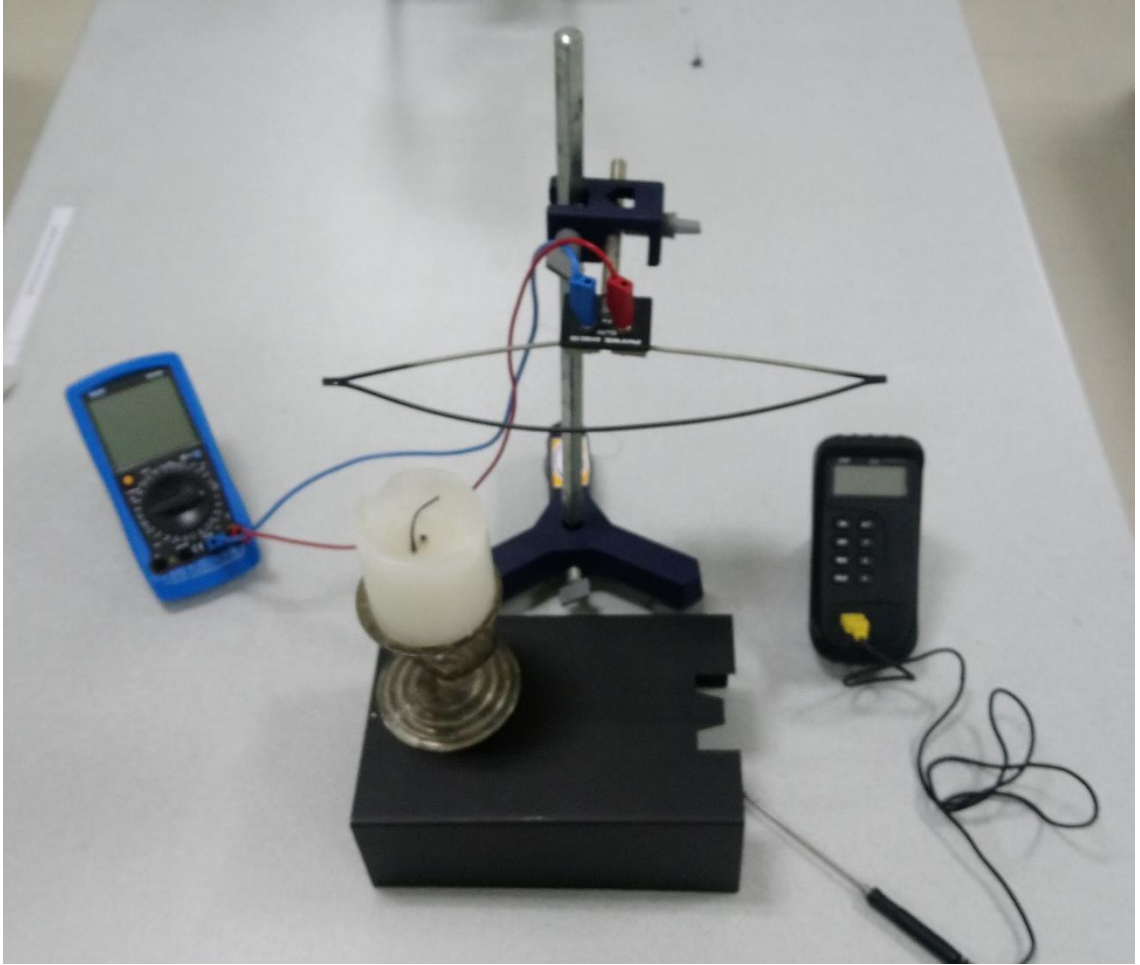
Burada t cam plakanın kalınlığıdır.

Sorular

1. Michelson interferometre deneyinde Helyum-Neon ışığı kullanılmıştır. Işık demetlerinden birinin yoluna 0,5 mm kalınlığında ince bir cam film yerleştirilir. 10 derecelik bir dönme açısı için 10 saçığın yer değiştirdiği görülmektedir. Cam filmin kırılma indisini hesaplayın. He-Ne lazerin dalga boyu $5,43 \times 10^{-7}$ m olarak verilmiştir.
2. Bir Michelson interferometre deneyinde, ayna 5.893×10^{-5} m boyunca hareket ettirildiğinde, 200 saçak görüş alanını geçmektedir. Ardından kullanılan monokromatik ışığın dalga boyunu hesaplayınız.

DENEY NO: 4

DENEY ADI: SEEBECK ETKİSİ



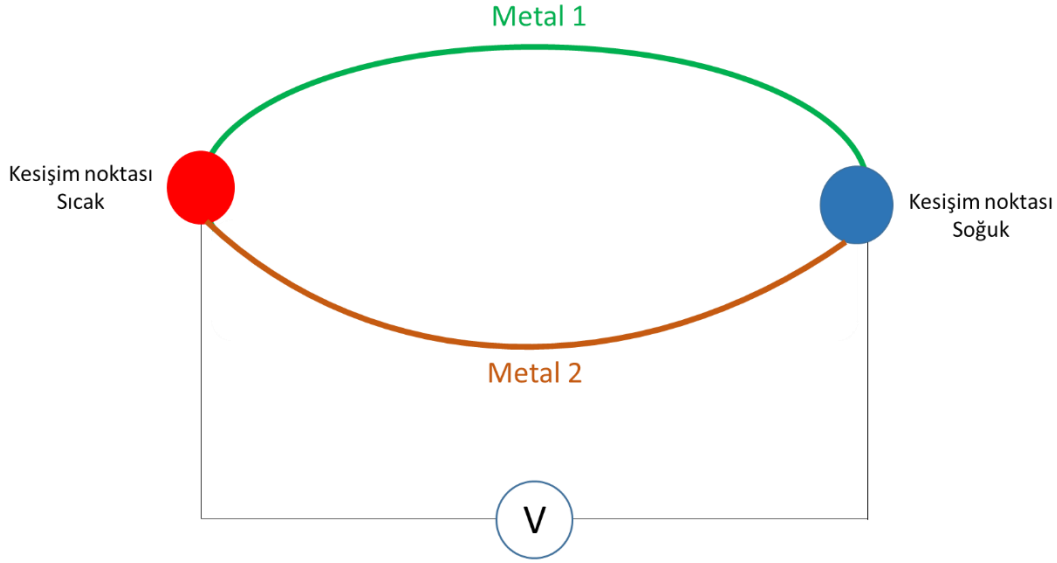
DENEYİN TEORİSİ

Günlük hayatınızda sık sık kullandığınız ısı ve sıcaklık kavramları birbirleriyle çok yakından ilişkili olmakla beraber anlamları çok farklıdır. Isı, iki sistem (veya cisim) arasında, birinden diğerine aralarındaki sıcaklık farkları nedeniyle aktarılan enerjidir. Isı akışı sadece sıcak cisimden, soğuk cisme olur. Sıcaklık bir maddenin moleküllerinin titreşim, dönme ve öteleme kinetik enerjilerinin bir ölçüsüdür. Sıcaklığı artan bir cismin moleküllerinin termal enerjisi diyebileceğimiz titreşim, dönme ve öteleme kinetik enerjisi artar. Isı, termal enerji ve sıcaklık arasındaki farkı belirgin hale getirmek için bir örnek verelim.

Sıcak bir tuğlayı göz önüne alalım. Bu tuğlayı iki parçaya bölüp, parçalardan birini diğerinden uzaklaştıralım. Yarım tuğlalardan birini incelersek hala aynı sıcaklıkta olduğunu görürüz. Oysa bu yarım tuğlanın termal enerjisi bütün tuğlanın termal enerjisinin yarısıdır ve daha soğuk bir başka cisme verebileceği ısı da bütün tuğlanın verebileceği ısının yarısıdır.

Herhangi bir sıcaklık ölçümünde kullanılacak ölçme yöntemi, sıcaklığı ölçülecek sistemin özelliklerine yakından bağlıdır. Pratikte sıcaklığa bağlı basınç ve hacim değişimlerinden yararlanılarak yapılan gaz termometreleri, sıcaklığa bağlı olarak ses hızının değişiminden yararlanılarak yapılan akustik termometreleri, sıcaklıkla metallerin elektriksel iletkenliğinin değişiminden yararlanılarak yapılan direnç termometreleri ve çok yakından tanıdığımız sıcaklıkla, sıvıların hacim genleşmesine dayalı civalı (ya da alkollü) termometreler kullanılır. Sıcaklık ölçümünde termoelektrik çiftlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu deneyde termoçiftin çalışma ilkesi kısaca anlatılacak daha sonra da sıcaklık ölçümünde kullanılışı gösterilecektir. Şekil 4.1'deki gibi iki farklı metal veya yarı iletken telin uçları kapalı bir devre oluşturacak şekilde birbirlerine eklenirse ve bu eklemler farklı sıcaklıklarda bulunursa, devreden bir akım geçer. Bu olay 1826 yılında J.T.Seebeck (1770-1831) tarafından bulunduğu için ‘‘Seebeck olayı’’ diye anılır. Şekil 4.1'deki gibi iki metal bir termoelektrik çift oluşturur. Devrede doğan elektromotor kuvveti (emk), termal emk veya Seebeck emk olarak adlandırılır. Referans sıcaklığı T_R sabit tutulduğunda Seebeck emk ϵ_{AB} , test eklemi sıcaklığı T 'nin bir fonksiyonudur. Böylece ϵ_{AB} 'nin ölçülmesi ile sıcaklık ölçümü eşdeğerdir.



Şekil 4.1. Seebeck etkisi (termoelektrik etki) deney düzeneği şematik gösterim

Bir termoelektrik çiftin bir termometre olarak kullanılmasında çeşitli avantajlar vardır. Bunlardan bir kaçını şöyle sıralanabilir:

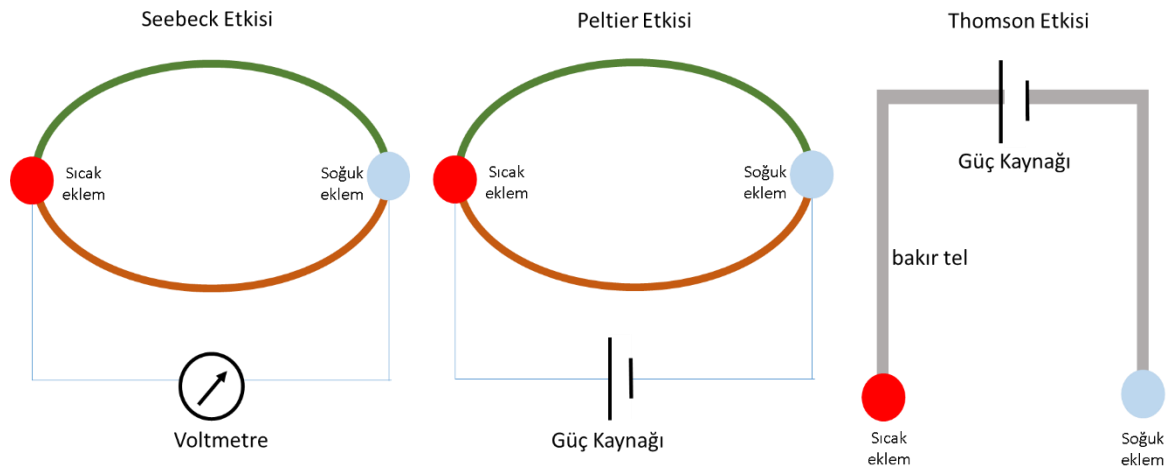
- 1) Ölçme aralığı oldukça geniştir.
- 2) Isı sığası küçüktür. Sıcaklığı ölçülmek istenen sistemle çabucak termal dengeye gelir ve böylece sıcaklık değişimlerini hızlı bir şekilde takip eder
- 3) Yapısı nedeniyle çok küçük aralık ve hacimlerde ölçme yapma imkanı sağlar.

Seebeck emk, serbest elektron yoğunluğunun bir metalden diğerine farklılık göstermesinden doğar. Bir metal içindeki serbest elektron yoğunluğu sıcaklığa ve metalden metale farklılık gösteren sıcaklık gradientine bağlıdır. Şekil 1'deki eklemler aynı sıcaklıkta bulunurlarsa toplam emk sıfırdır. Eğer eklem sıcaklıkları farklı ise sıcaklığa bağlı bir emk oluşur ve bu seebeck emk adını alır. Bazı malzemelerin $T=273$ °K'deki Seebeck katsayıları tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1. Bazı malzemelerin $T=273$ °K'deki Seebeck katsayısı değerleri (Kaynak: DOI: [10.4032/9789814463539](https://doi.org/10.4032/9789814463539))

Metal	S (μVK^{-1})	Metal	S (μVK^{-1})
Ni	-18.0	Pd	-9.00
Pt	-4.45	Pb	-1.15
V	+0.13	W	+0.13
Rh	+0.48	Ag	+1.38
Cu	+1.70	Au	+1.79
Mo	+4.71	Cr	+18.0

Şimdi kısaca Peltier olayını açıklayalım. İki farklı metal veya yarı iletkenin arasındaki eklemde bir akım geçtiğinde, eklemde geçen toplam elektrik yükü ile orantılı miktarda bir ısı, akımın yönüne bağlı olarak ya eklemde çevreye aktarılır ya da eklem tarafından soğurulur. Bu olay nedeniyle eklemde bir emk oluşur. Bu olay, onu ilk kez ortaya çıkaran Jean Peltier (1785-1845)'in adıyla anılır.



Şekil 4.2. Termoelektrik etkiler

İki metal arasındaki bir eklemde, eklemde bir yanından diğer yanına aktarılan yük Δq ve elektrostatik olmayan etkilerin oluşturduğu ‘‘Peltier emk’’de V ise, eklemde açığa çıkan ya da soğurulan enerji ($W=Q_{ısı}$),

$$W=Q=q.V \quad (1)$$

şeklindedir. Eklemle çevresi arasında alınıp verilen bu enerji ‘‘Peltier ısısı’’ diye adlandırılmıştır. Daha önce de açıklandığı gibi deneyler, bir eklemle çevresi arasında aktarılan peltier ısısının, eklemde geçen elektrik yükü ile orantılı olduğunu ve elektrik akımı yön değiştirdiğinden terslenen yük akımı ile beraber ısı akış yönünde terslendiğini göstermektedir. Buna göre tek bir eklem elektrik enerjisini ısı enerjisine veya ısı enerjisini elektrik enerjisine çeviren bir kaynaktır. A ve B metalleri arasındaki bir eklemdeki Peltier emk Π_{AB} eklemde geçen birim yük başına soğurulan veya serbest kalan ısı (enerji) olarak tanımlanır. Yani,

$$\Pi_{AB} = \frac{\text{Peltier ısı}}{\text{geçen yük}} \quad (2)$$

Π_{AB} sadece iki metalin cinsine değil aynı zamanda eklemin sıcaklığına da bağlıdır ve (eğer varsa ki olabilir) diğer herhangi bir eklemden bağımsızdır. Şimdi bu iki olayı özetlersek;

Seebeck Olayı: Termoçiftin uçları arasında oluşturulan sıcaklık farkı ile elektrik akımı oluşturulur.

Peltier Olayı: Termoçiftin uçları arasına elektrik vererek, sıcaklık farkı oluşturulur

İki ucu farklı sıcaklıklarda bulunan tel bir iletken telde serbest elektron yoğunluğu tel boyunca noktadan noktaya değişir. İletken bir telde (boyunca) bir sıcaklık gradienti varsa, bu telin her elemanının birer emk kaynağı olduğu gerçeği Sir William Thomson (Lord Kelvin) tarafından keşfedildi. Boyunca sıcaklık gradienti olan bir iletken telden bir elektrik akımı geçirildiğinde telin her elemanında ‘‘Thomson ısı’’ olarak adlandırılan bir ısı ya serbest kalır yada soğurulur. Thomson ısı telin göz önüne alınan elemanından geçen elektrik yükü ile ve bu elemanın uçları arasındaki sıcaklık farkı ile orantılıdır. Eğer A maddesinden yapılmış küçük bir tel parçasının uçları arasındaki sıcaklık farkı ΔT ise geçen birim elektrik yükü başına soğurulan veya serbest kalan ısı ‘‘Thomson emk’’ olarak tanımlanır. Bunu bir eşitlikle ifade edecek olursak,

$$\sigma_A \Delta T = \frac{\text{Thomson ısı}}{\text{geçen yük}} \quad (3)$$

dir. Eğer σ_A sıcaklığa bağlı değilse, uçlarının sıcaklıkları T_1 ve T_2 olan bir telde Thomson emk, $\sigma_A (T_1 - T_2)$ ile verilir. Genelde σ_A sıcaklığa bağlı olduğundan bu eşitlik belirli bir yaklaşıklıkla geçerlidir. Deneyler Thomson ısının tersinir olduğunu ve telin cinsine, telin göz önüne alınan elemanının ortalama sıcaklığına bağlı olduğunu göstermektedir. σ_A katsayısı bazı kaynaklarda ‘‘elektiriksel öz ısı’’ olarak tanımlanır.

Şimdi şekil 1’de açıklanan termoelektrik çifte dönelim. Bu durumda ε_{AB} Seebeck emk, $(\Pi_{AB})_T$ ve $(\Pi_{AB})_{TR}$ ile verilen iki Peltier emk ile $(T - T_R)\sigma_A$ ve $(T_R - T)\sigma_B$ ile verilen iki Thomson emk’nin toplamıdır. Bu durumda emk’nin ifadesi,

$$\varepsilon_{AB} = (\Pi_{AB})_T - (\Pi_{AB})_{T_R} + (T - T_R)(\sigma_A - \sigma_B) \quad (4)$$

dir. Bu denklemde uygulanan işaretleme kuralları şunlardır:

- 1) Eğer test eklemi referans ekleminden daha sıcak seçilirse bu eklemden termoelektrik çiftin akım yönü A'dan B'ye doğru iken ε_{AB} pozitiftir.
- 2) Akım A'dan B'ye doğru olduğundan Π_{AB} pozitiftir ve bu durumda Peltier ısısı eklem tarafından soğurulur.
- 3) Akımın yönü, sıcaklık gradientinin ters yönünde olduğunda (yani yüksek sıcaklıktan alçak sıcaklığa doğru olduğunda) σ_A pozitiftir ve bu durumda Thomson ısısı soğurulur.

Bir ölçme sistemine bir termoelektrik çift bağlamak için termoçift devresi bir noktasından açılarak üçüncü bir metalin devreye sokulması gerekir. Bu durum iki yeni eklem daha ortaya çıkması demektir.

Seebeck olayınca, uçlar arasında ΔT sıcaklık farkından doğacak Q ısısı, elektrik akımına sebep olacağından, uçlar arasında bir V_S potansiyeli doğuracaktır. Bu potansiyele Seebeck Potansiyeli (ya da EMK'sı) denecektir. Bu potansiyel ile akan ısı arasındaki ilişki Dnk.1'den görülmektedir. Bu V_S potansiyeli ile oluşan ΔT sıcaklık farkı da S_{AB} Seebeck katsayısı dediğimiz bir orantı sabiti ile birbirine bağlıdır; şöyle ki

$$V_S = S_{AB} \Delta T \quad (2)$$

Seebeck sabiti öz direnç gibi, termoçiftin iç yapısına bağlı bir sabittir. Benzer şekilde, Peltier olayında da, uçlar arasına uygulanan elektrik, aslında uçlar arasına uygulanmış bir potansiyel farkı demektir. Bu potansiyel farkına Peltier Potansiyeli (ya da EMK'sı) dersek ve V_P ile gösterirsek, bu uygulanan potansiyelin termoçiftin serbest yükleri üzerinde yapacağı enerji değişimi yine Q ısısı ile birbirine Dnk.1 ile bağlı olacaktır. Ayrıca bu Peltier Potansiyeli V_P ve ısı akımından uçlar arasında oluşacak sıcaklık farkı ΔT ile Dnk.2'ye benzer şekilde şöyle bir bağıntı vardır;

$$V_P = P_{AB} \Delta T \quad (3)$$

Buradaki P_{AB} sabiti de, temoçiftin iç yapısına bağlı olan Peltier sabitidir. Şimdi (1),(2) ve (3) denklemlerini şu şekilde özetleyebiliriz,

$$\text{Seebeck Olayı; } V_S = W/q = Q/q = \Delta T / \text{yük} = S_{AB} \Delta T \quad (4)$$

$$\text{Peltier Olayı; } V_P = W/q = Q/q = \Delta T / \text{yük} = P_{AB} \Delta T \quad (5)$$

V_S : Seebeck Potansiyeli,

V_P : Peltier Potansiyeli,

W : Yük üzerinde yapılan iş (enerji değişimi) = $Q : \Delta T$

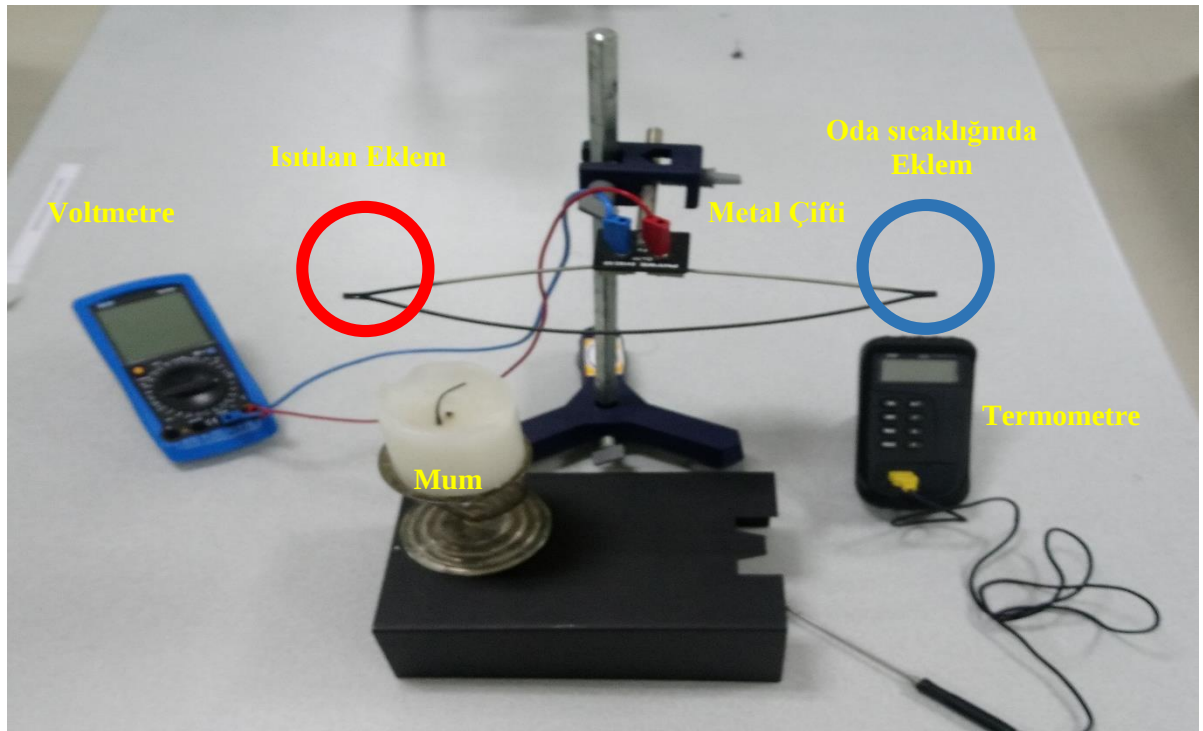
q : sıcaklık farkından dolayı akan yük veya sıcaklık farkına neden olacak olan yük

S_{AB} : Seebeck sabiti

P_{AB} : Peltier sabiti

ΔT : elektrik akımına sebep olacak olan veya elektrik akımının neden olduğu sıcaklık farkı

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER



Şekil 4.3. Seeback etkisi deney düzeneği

1. Termometre
2. Voltmetre
3. Bağlantı kabloları
4. Metal çifti
5. Mum
6. Çakmak
7. Ayaklı tutucu

DENEYİN YAPILIŞI

Şekil 4.3'deki eklemlerden biri oda sıcaklığında tutulmak suretiyle diğer uç yavaş yavaş ısıtılır. Bu ucun sıcaklığı arttıkça voltmetreden okunan değerde değişir. Eklem yeri bir fırın ile ısıtılmalıdır. Çünkü ısıtılırken bu eklem sıcaklığını bilmemiz gerekir. Bu sıcaklığa göre voltaj değişiminin bir grafiği bu termiçifti bir termometre gibi kullanılmasına imkan verir.

$$\Delta V = S \cdot (T_2 - T_1)$$

Burada V potansiyel fark (Volt), $(T_2 - T_1)$ sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$) ve S Seebeck katsayısı ($\text{V}/^{\circ}\text{C}$) dır. Seebeck katsayısının büyüklüğü verimle ilişkilidir. Seebeck katsayısı büyük olan verimli bir termoelektrik etki oluşturmaktadır.

1. İlk sıcaklığı kaydediniz $T_1 (^{\circ}\text{C})$
2. Belirli sıcaklık artışı değerlerindeki sıcaklıkları ve karşılık gelen gerilim değerlerini Tabloya not ediniz.

Tablo 4.1. Seebeck etkisi deneyi ölçüm ve hesaplama tablosu

Oda sıcaklığındaki eklemin ilk sıcaklığı $T_1 (^{\circ}\text{K})$	Isıtılan eklem sıcaklığı $T_2 (^{\circ}\text{K})$	İki eklem arasındaki potansiyel fark $V (\text{Volt})$	Seebeck Katsayısı S ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{K}$)

3. Seebeck katsayısı için hesaplamalarınızı deneysel hata aralığında belirtiniz Bunun için aşağıdaki sıra izlenir.

- a. Bulunan farklı S değerinden Seebeck katsayısının ortalama değeri bulunur. $S_1, S_2, \dots, S_n$ için ortalama;

$$\bar{S} = (S_1 + S_2 + \dots + S_n) / n$$

- b. Sapma değeri bulunur. Her bir ölçümün ortalama $\bar{S}$ değerinden sapmasını bulmak için her bir S değeri ile ortalama $\bar{S}$ değeri arasındaki fark bulunur:

$$d_n = S_n - \bar{S} \quad (n = 1, 2, \dots, n = 5)$$

- c. Standart sapma bulunur. Sapmanın “kare ortalama karekök” değeri standart sapma olarak isimlendirilir ve

$$\sigma = \sqrt{(d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2) / (n - 1)}$$

şeklinde ifade edilir.

- d. Ortalamanın standart hatası α ; bu ölçmelerin dağılımına bağlıdır ve ortalamanın hata payı içinde olması durumunun bir ölçüsüdür. Eğer bir büyüklük için n tane ölçüm yapıldıysa;

$$\alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

ifadesi yazılabilir.

- e. Seebeck katsayısının deneysel değeri artık deneysel hata aralığında; $S \pm \alpha$ olarak gösterilir.

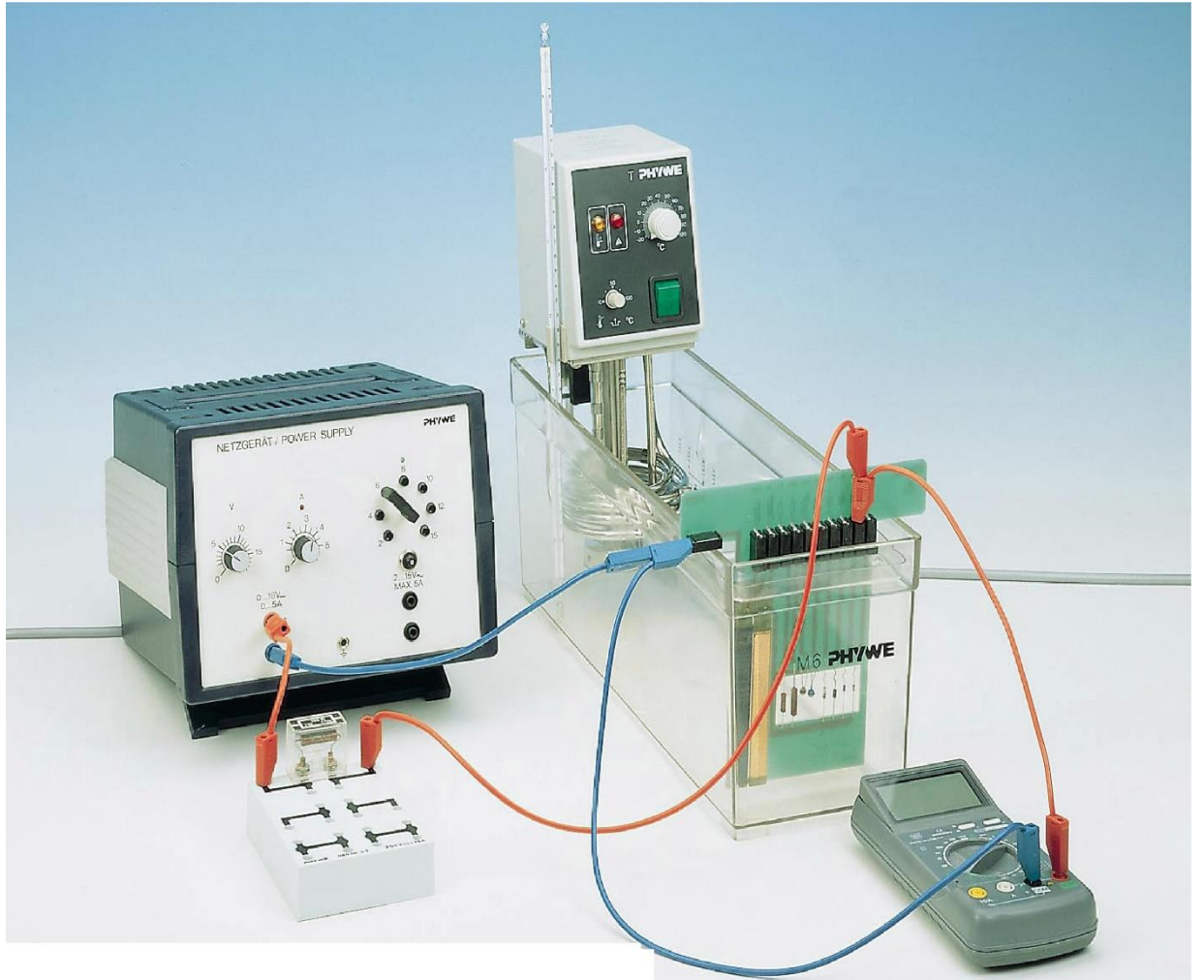
4. Elde ettiğiniz verilerden V_s -T grafiği çizin.

5. Grafiğinizin eğiminden metal çiftinin Seebeck katsayısını bulunuz.

6. Grafiğin eğiminden bulunan Seebeck katsayısı ile deneysel hata aralığında bulunan değerleri karşılaştırınız.

DENEY NO: 5

DENEY ADI: FARKLI DİRENÇLERİN SICAKLIĞA BAĞLILIĞI



DENEYİN TEORİSİ

Birçok saf metalin direnci geniş bir sıcaklık aralığında sıcaklıkla hemen hemen lineer olarak değişir. Bu bölgelerde **sıcaklıkla direncin bağımlılığı için genel formül geçerlidir.**

$$R(T) = R_{20} + R_{20} \cdot \alpha \cdot (T - 20^{\circ}C)$$

Bu ifadedeki

$R(T)$ = Herhangi bir T sıcaklığındaki direnç

R_{20} = 20°C sıcaklığındaki direnç

α = Sıcaklık katsayısı

T = Ölçüm zamanındaki sıcaklıktır.

Tabloda çeşitli malzemelerin öz direnci ve öz direncin sıcaklık katsayıları verilmiştir.

Tablo 5.1. 20°C’de Çeşitli Malzemelerin Öz direnci ve Öz direncin Sıcaklık Katsayısı

Malzeme	Öz direnç ($\Omega\cdot m$)	σ [$(^{\circ}K)^{-1}$]
Gümüş	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Bakır	1.7×10^{-8}	5.3×10^{-3}
Altın	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Alüminyum	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nikrom	1.5×10^{-6}	0.4×10^{-3}

Bakır gibi iyi iletkenlerin direnci sıcaklık arttıkça artar.

Bazı malzemelerin ise çok düşük sıcaklıklarda **dirençleri sıfır** olur. **Süperiletkenlik** denen bu durum 1911 yılında H. Kamerling Onnes tarafından gözlenmiştir. Onnes, 4.2K altına inildiğinde cıvanın direncinin sıfır olduğunu gözlemiştir. Süperiletkenlerde bir kere akım elde edildikten sonra, **potansiyel fark uygulanmaksızın** bu akım devam eder.

Sıcaklıkla direnç değişimi

1. Bakır telde elektron buharının içindeki elektronların serbest yolu (yük iletilmesine katkıda bulunur) sıcaklığın artmasıyla daha kısa olur. Direncin değişimi açık bir şekilde görülebilir. Sonuç pozitif bir sıcaklık katsayısıdır.

$$\alpha_{Cu} = 5.3 \cdot 10^{-3} / K$$

2. CuNi telinin direnci ölçülen değerle hemen hemen aynıdır. Bu Mathies kuralına göredir ($R_{tot} = R_{20} + R(T)$). Sıcaklıkla direncin değişimi ölçülen sıcaklık değerinde çok azdır. Sonuç olarak mutlak direnç (R_{20}) baskındır. Bu deney $\alpha_{CuNi} = -1.4 \cdot 10^{-4} / K$ negatif sıcaklık katsayısı verir.

3. Karbon tabaka direncinde mutlak direnç başlangıçta çok yüksektir. Sıcaklıkla değişim oldukça küçüktür. Sonuç negatif bir sıcaklık katsayısıdır

$$\alpha_{Cu} = -2.3 \cdot 10^{-3} / K .$$

4. Metalik tabaka direncinde 20 °C'de yüksek bir mutlak dirence sahiptir ve ölçülen sıcaklık değerindeki değişim karbondan daha düşüktür. Böylece sıcaklık değişimi yaklaşık olarak sıfır olur

$$\alpha_{met} = \Rightarrow 0 .$$

5. İki NTC ve PTC direnci alaşımlardan meydana gelmektedir. Direncin büyük değişimi küçük bir sıcaklık değişiminde hemen fark edilir. Bu deneyde kaydedilen eğriler artık, çizgisel düşünülemez. Onlar NTC ve PTC dirençlerinin davranışlarını gösterirler.

Bu malzemelerin sıcaklık katsayılarının Literatür değerleri:

$$\alpha_{Cu} = 4.0 \cdot 10^{-3} / K$$

$$\alpha_{CuNi} = -3.0 \cdot 10^{-3} / K$$

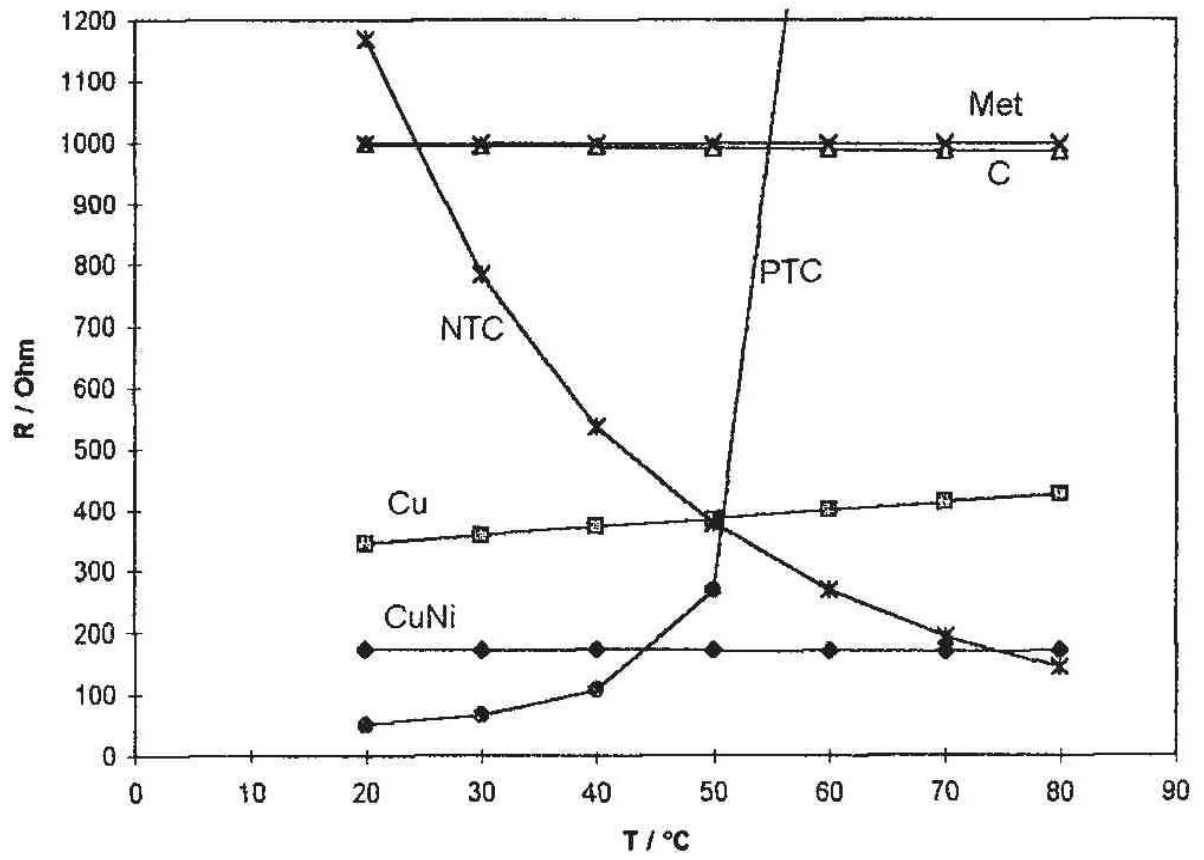
$$\alpha_{Cu} = -2.4 \cdot 10^{-4} / K$$

$$\alpha_{met} = \pm 0. 50 \cdot 10^{-3} / K$$

$$\alpha_{NTC} = -6.15 \% / K$$

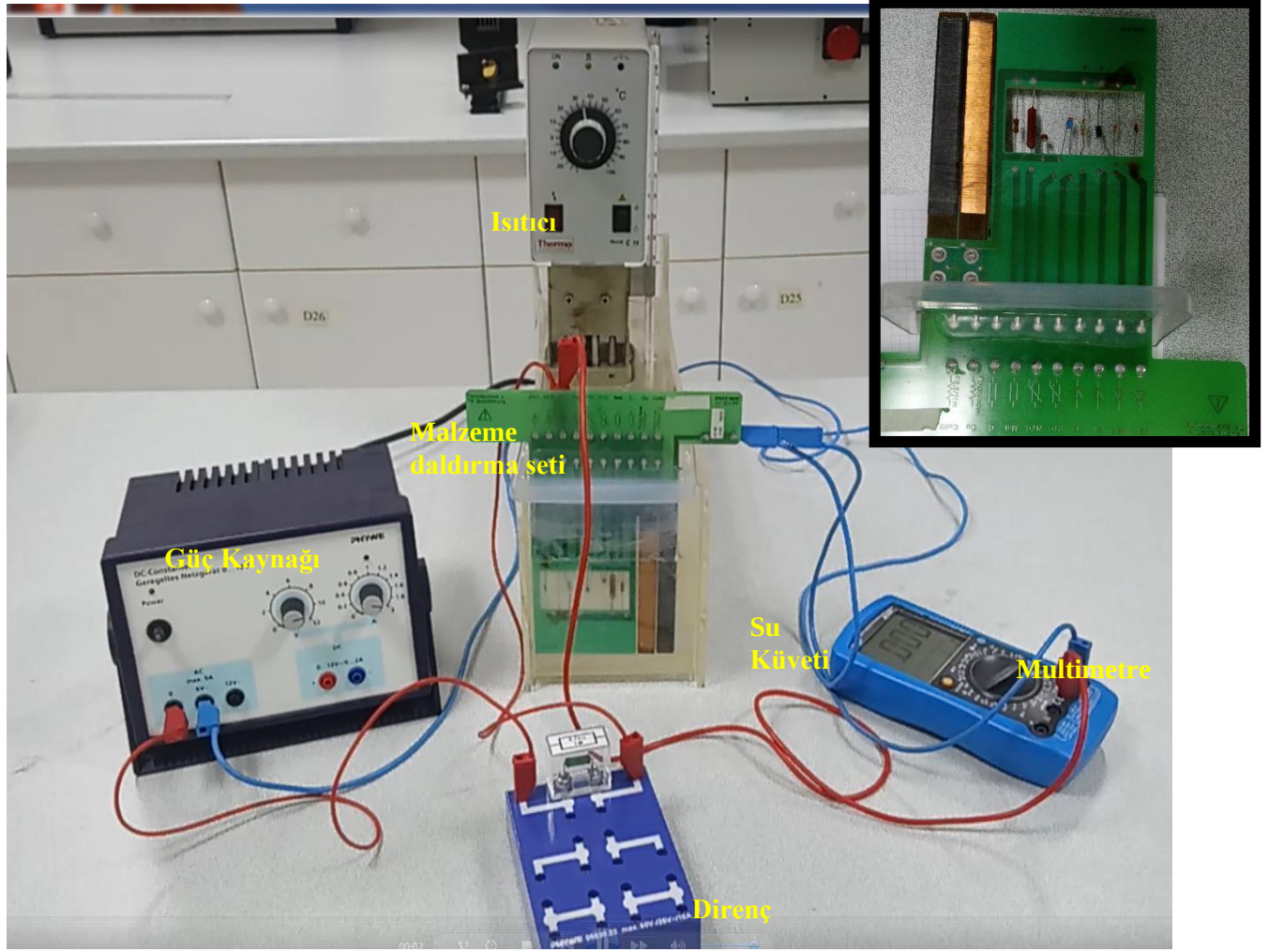
$$\alpha_{PTC} = 20 \% / K$$

PTC için değer karakteristik eğrinin en dik bölgesinde geçerlidir. Bu malzemelerin sıcaklık değişimi ile dirençlerindeki değişim aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 5.1. Malzemelerin dirençlerinin sıcaklıkla değişimi

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER



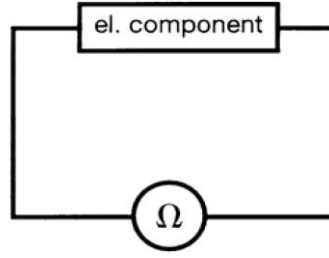
Şekil 5.2. Deney düzeneği

1. Güç Kaynağı
2. Multimetre
3. İletken kablolar
4. Su küveti
5. Farklı malzemeler içeren daldırma seti
6. Isıtıcı
7. Su
8. Direnç

DENEYİN YAPILIŞI

A. Sıcaklıkla direnç değişiminin ölçülmesi:

1. Su geçirmez plastik çanta içine yerleştirilen daldırma seti su küvetinin içine yerleştirilir.
2. Cu ve CuNi tel dirençleri gibi PTC, NTC, metalik film ve karbon film dirençleri için direnç değerleri dijital el multimetresi ile doğrudan ölçülebilir (bkz. Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Direncin sıcaklıkla değişimi deney düzeneği

3. Malzeme daldırma setinin kenarındaki çıkış multimetreye (dirençölçer) bağlanır.
4. Hangi malzemenin sıcaklıkla direnç değişimi ölçülecekse, daldırma setinde o malzemenin üzerinde bulunan çıkışa kablo bağlanır. Bu kablonun diğer ucu multimetreye bağlanır.
5. Multimetre dirençölçer olarak ayarlanır.
6. Su ısıtıcı çalıştırılır.
7. Malzemenin tabloda verilen sıcaklıklardaki direnç değerleri not edilir.

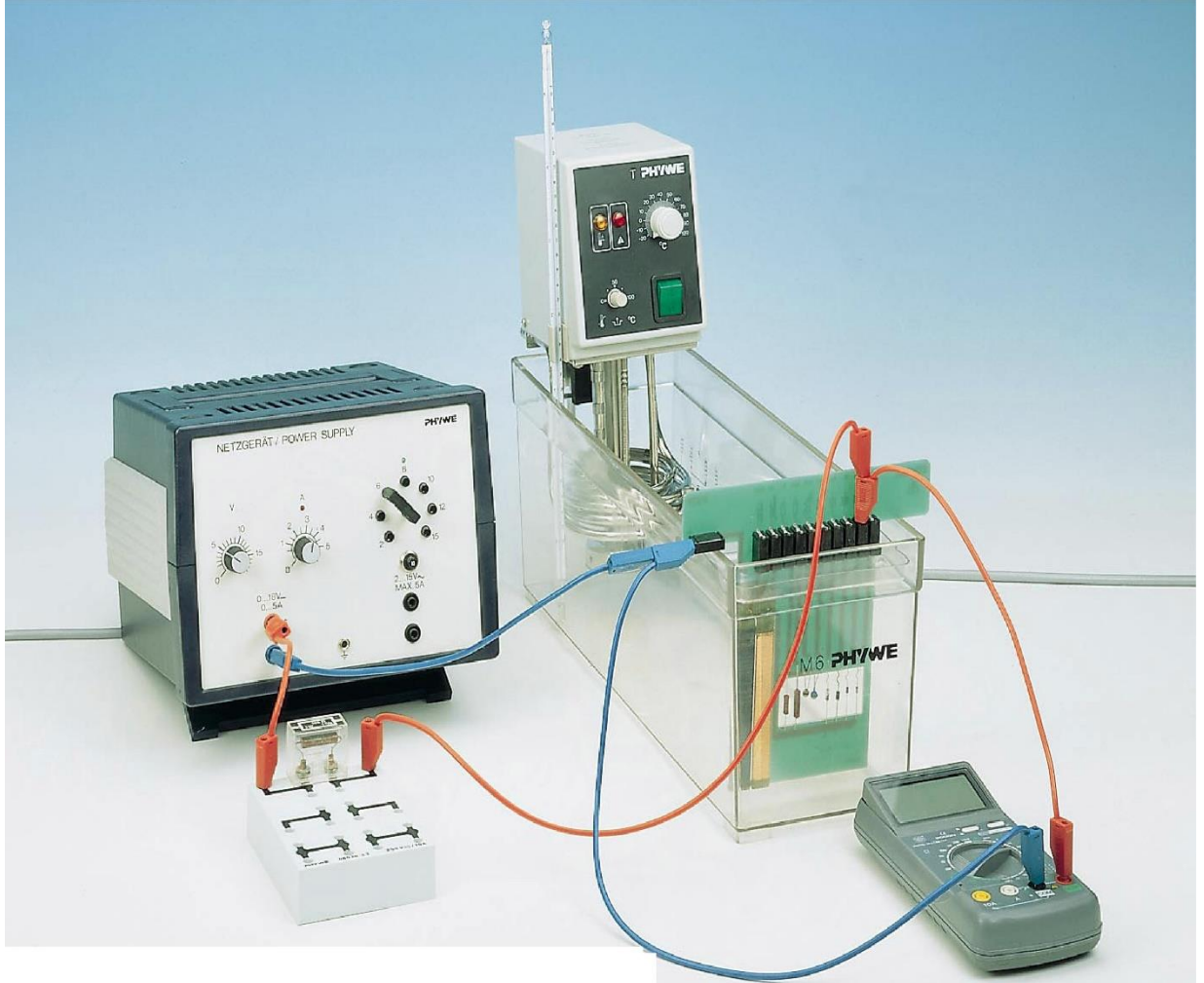
Tablo 5.2. Malzemelerin dirençlerinin sıcaklıkla değişimi

T (°C)	Direnç (Ω)			
	CuNi	Cu	C	Metal
30				
35				
40				
45				
50				
55				
60				
65				
70				
75				
80				

8. Bu ölçümleri tüm malzemeler için tekrarlayın.
9. Tüm malzemeler için Şekil 5.1’de olduğu gibi milimetrik kağıda direnç sıcaklık grafiği çizin.

DENEY NO: 6

FARKLI DİYOTLARIN SICAKLIĞA BAĞLILIĞI



DENEYİN TEORİSİ

Yarı iletken malzemeler için **sıcaklıkla direncin değişimi**;

$$R_2 = R_1 + R_1 \alpha (T_2 - T_1)$$

dir. Bu ifadedeki

R_2 = Son direnç

R_1 = İlk direnç

α = Sıcaklık katsayısı

T_1 = İlk sıcaklık

T_2 = Son sıcaklık

Tabloda Silisyum ve Germanyumun öz direnci ve öz direncin sıcaklık katsayıları verilmiştir.

Tablo 6.1 20°C’de Çeşitli Malzemelerin Öz direnci ve Öz direncin Sıcaklık Katsayısı

Malzeme	Öz direnç (Ω -m)	σ [(°K) ⁻¹]
Germanyum	0.46	-48x10 ⁻³
Silisyum	640	-75x10 ⁻³

Tablodan da görülebileceği gibi öz dirençleri oldukça yüksek olan Germanyum ve Silisyum gibi malzemelerin direnci sıcaklık arttıkça azalır. Bu malzemeler **yarıiletken**dir. Yarıiletkenlerin öz direnci iletkenlerinkinden yüksek, yalıtkanlarinkinden düşüktür. Kontrol edilebilir iletkenliğe sahip olmaları sayesinde, günümüz teknolojisinde yarıiletkenler büyük rol oynamaktadır.

Yarıiletkenlerin sıcaklıkla gerilimlerinin değişimi

Yarıiletkenlerde yük taşıyıcıların sayısı ve yük taşıyıcıların yoğunluğu sıcaklıkla artar. Kurala göre;

$$\sigma = e \cdot \eta \cdot \mu$$

bağıntısı geçerlidir. Burada;

σ = Saf iletkenlik

e = Temel yük

η = Yük taşıyıcı yoğunluğu

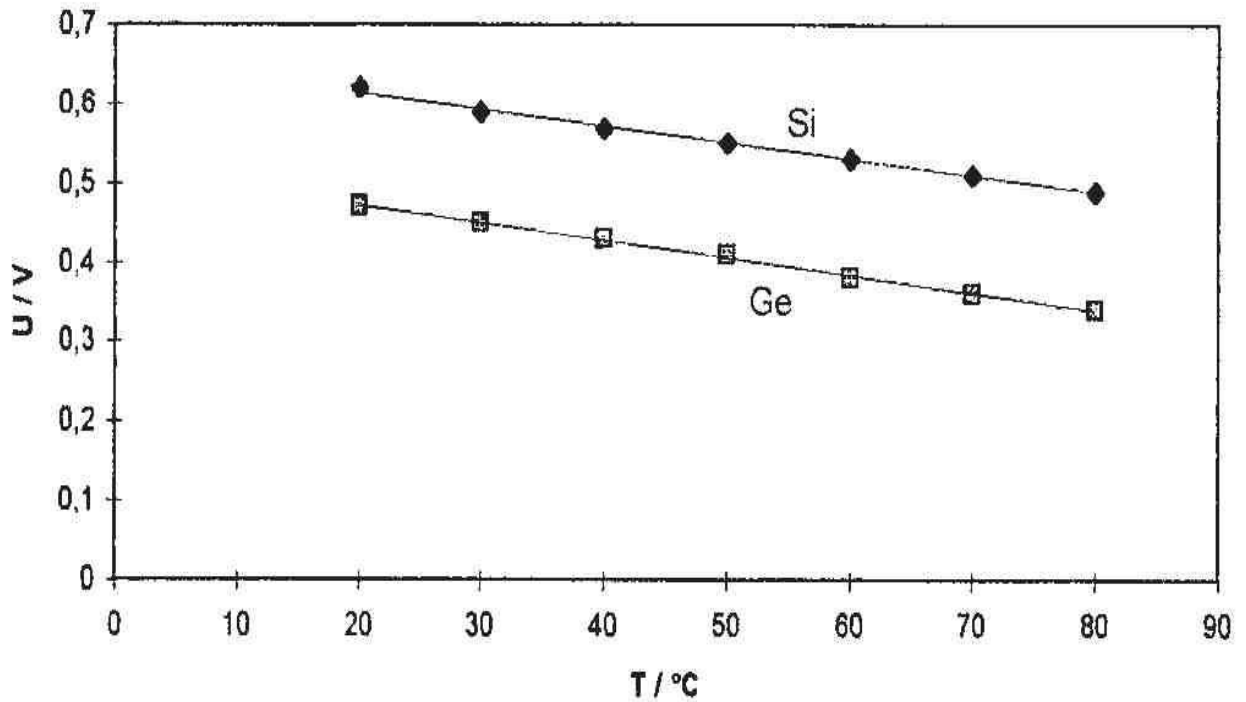
μ = Değişkenlik (Mobilite)

Yarıiletkenliğin saf öz iletkenliğinin böylece arttırıldığı görülebilir. Mobilite artan sıcaklık ile azalır fakat yük yoğunluğundaki artış bu etki için dengelenir. Dirençte kesin bir düşüş gözlenir bu da negatif sıcaklık katsayısı verir. Sıcaklık bağımlılığı için yukarıda bahsedilen formül ile hesaplamalar yapıldığında U_p voltajı için yeniden düzenlenir ve aşağıdaki değerler bulunur.

$$\alpha_{Si} = -3.4 \cdot 10^{-3}/K$$

$$\alpha_{Ge} = -4.6 \cdot 10^{-3}/K$$

Si ve Ge yarıiletkenlerinin sıcaklık değişimiyle gerilimlerdeki değişim Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Si ve Ge yarıiletkenlerinin potansiyellerinin sıcaklıkla değişimi

Zener Diyot

Zener diyot, doğru yönde kutuplanmadığı zaman normal bir diyot gibi çalışır; ters yönde kutuplandığı zaman ise kırılma gerilimine kadar iletme geçmez kırılma geriliminden sonra ise çıkış etkisi şeklinde akım geçirir, Yani zener belirli bir gerilimden sonra iletme geçer. Bu gerilime zener gerilimi denir. Zener diyot devrelerde sabit gerilim istenen yerlerde kullanılır. Piyasada değişik gerilim değerlerine sahip zener diyotlar bulunmaktadır. Zener diyonu yüksek akıma karşı korumak için direnç ile seri bağlamak gerekir.

Ters gerilim kalkınca, zener diyotta normal haline döner. Devrelerde, ters yönde çalışacak şekilde kullanılır. Bir zener diyot zener gerilimi ile anılır. 3 V civarındaki düşük enerjilerde bir Zener çöküşü Z diyodunun içinde meydana gelir. Güçlü elektrik alanının sonucunda elektron hole çiftleri bariyer kaplama bölgesinin içinde iç elektron kabuklarından kendiliğinden meydana gelir. Hesaplamalardan α için aşağıda yazılan sonuçlar bulunur.

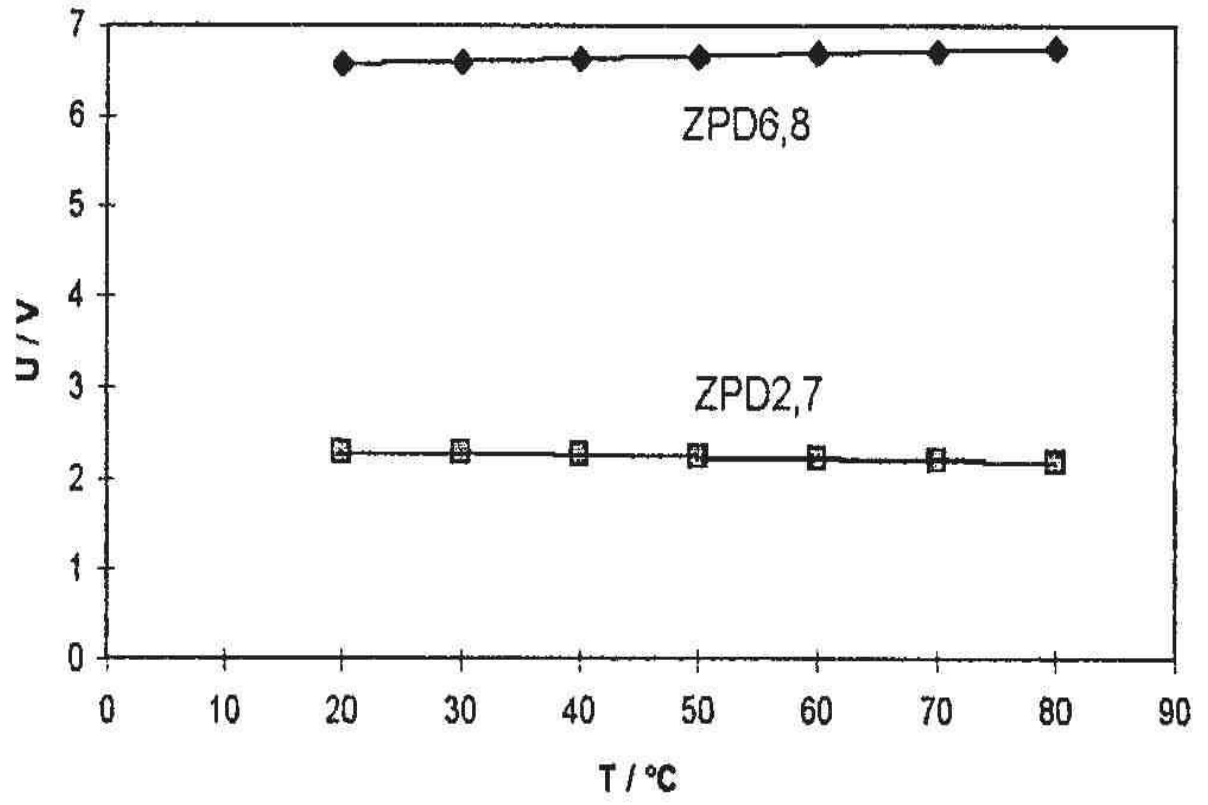
$$\alpha_{ZPDR2.7} = -7.3 \cdot 10^{-4} / K$$

$$\alpha_{ZPDR2.7} = +4.5 \cdot 10^{-4} / K$$

Literatür değerleri:

$$\alpha_{ZPDR2.7} = -9 \dots -4 \cdot 10^{-4} / K$$

$$\alpha_{ZPDR6.8} = +2 \dots +7 \cdot 10^{-4} / K$$



Şekil 6.2. Zener diyotlarının potansiyellerinin sıcaklıkla değişimi

9. Güç Kaynağı
10. Multimetre
11. İletken kablolar
12. Su küveti
13. Farklı malzemeler içeren daldırma seti
14. Isıtıcı
15. Su
16. Direnç

9. Güç Kaynağı
10. Multimetre
11. İletken kablolar
12. Su küveti
13. Farklı malzemeler içeren daldırma seti
14. Isıtıcı
15. Su
16. Direnç

Yarıiletkenlerin sıcaklıkla gerilimlerinin değışimi

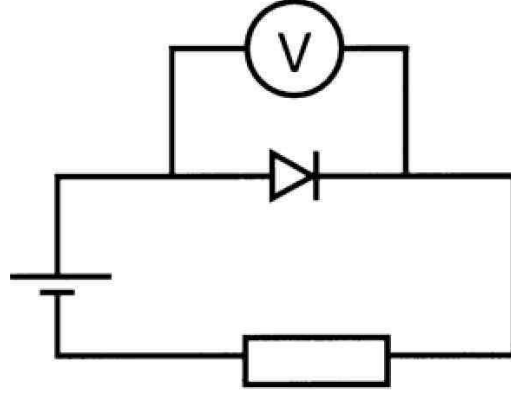
1. Yarıiletken diyodların sıcaklıkla gerilim değışimlerini ölçmek için güç kaynağını Şekil 6.3'teki gibi yarıiletkene bağlayınız.
2. Bileşenleri 4.7 Ω 'luk bir direnç ile seri bağlayın.
3. Güç kaynağını 10 V'luk bir gerilime ayarlayın.
4. Isıtıcıyı çalıştırın.
5. İletken kabloları, daldırma setindeki Si çıkışına bağlayınız.
6. Sisteme voltmetreği bağlayınız.
7. Belirli sıcaklıklarda Si yarıiletkenlerinin uçları arasındaki gerilim değerlerini tabloya kaydediniz. Uygun iletken durum voltajı kaydedilir.

Tablo 6.2. Malzemelerin gerilimlerinin sıcaklıkla değışimi

T ($^{\circ}\text{C}$)	Potansiyel (V)	
	Ge	Si
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		
75		
80		

Zener ve çıę etkisi için voltaj değerini lme

1. Zener ve çığ etkisi için sabitlenen voltajı ölçmek için şekil 6.3'te gösterildiği gibi devreyi kurunuz.
2. Diyotlar daldırma seti içindeki yerleri boyunca belirlenen yn boyunca elektrik telleri ile bağlanır.



şekil 6.4

3. Güç kaynağı açılır.
4. Farklı sıcaklık değerinde oluşan gerilim değerleri ölçülür.
5. lm sonuçlarınızı aşağıdaki Tablo 6.3'e kaydediniz.
6. Tablodan yararlanarak şekil 6.2'de gösterilen grafikleri kendi bulduğunuz sonuçlara göre çiziniz.

Tablo 6.3.

T (°C)	Potansiyel (V)	
	ZPD2,7	ZPD6,8
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		
75		
80		

DENEYİN YAPILIŞI:

10. Su geçirmez plastik çanta içine yerleştirilen daldırma seti su küvetinin içine yerleştirilir.
11. PTC ve NTC için direnç değerleri dijital el multimetresi ile doğrudan ölçülebilir.
12. Malzeme daldırma setinin kenarındaki çıkış multimetreye (dirençölçer) bağlanır.
13. Hangi malzemenin sıcaklıkla direnç değişimi ölçülecekse, daldırma setinde o malzemenin üzerinde bulunan çıkışa kablo bağlanır. Bu kablonun diğer ucu multimetreye bağlanır.
14. Multimetre dirençölçer olarak ayarlanır.
15. Su ısıtıcı çalıştırılır.
16. Malzemenin tabloda verilen sıcaklıklardaki direnç değerleri not edilir.

Tablo 6.4. Malzemelerin dirençlerinin sıcaklıkla değişimi

T ($^{\circ}\text{C}$)	Direnç (Ω)	
	NTC	PTC
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		
75		
80		

17. Bu ölçümleri tüm malzemeler için tekrarlayın.
18. Tüm malzemeler için Şekil 6.3'te olduğu gibi milimetrik kağıda direnç sıcaklık grafiği çizin.

DENEY NO: 7

DENEY ADI: GERMANYUMUN BANT ARALIĞI



DENEYİN TEORİSİ:

Bu deneyde germanyumun bant aralığı deneysel olarak hesaplanacaktır.

İletkenlik aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{\ell I}{AU} \left[\frac{1}{\Omega m} \right] \quad (1)$$

Burada

ρ : Özdirenç

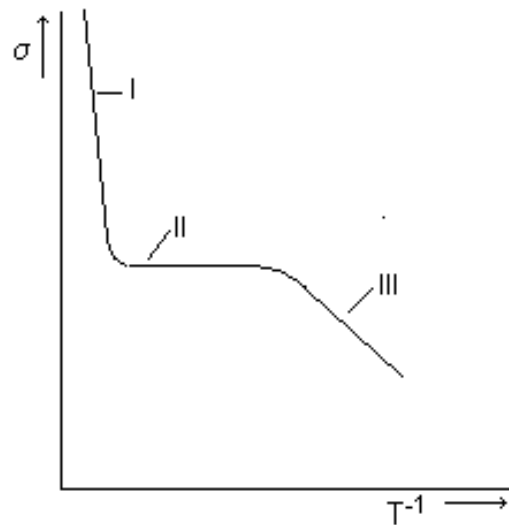
ℓ : Numunenin boyu

A: Kesit alanı

I: Akım

U:Gerilim

Bir yarıiletkenin sıcaklığın tersine göre iletkenliği Şekil 7.1’de verilmiştir. Yarıiletkenlerin iletkenliği karakteristik olarak sıcaklığın fonksiyonudur. Düşük sıcaklıklarda katkılı iletkenlik (I aralığı), yani düşük sıcaklıklarda safsızlıklardan kaynaklanan iletkenlik baskındır. Oda sıcaklığı civarında ve üzerinde artık iletkenliğe katkısı olacak katkı elektronu olmadığı için iletkenlik sabit kalır (II aralığı). Yüksek sıcaklıklarda (III aralığı) asal elektronlar iletkenlikte baskınlığı ele geçirir, bu asal yarıiletkenliktir.



Şekil 7.1. Bir yarıiletkenin sıcaklığın tersine göre iletkenliği.

III aralığında ısı etkisiyle asal yük taşıyıcılar değerklik bandından iletkenlik bandına uyarılırlar. Bu durumda sıcaklık bağımlılığı üstel bir fonksiyonla ifade edilir.

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_y}{2kT}\right) \quad (2)$$

Burada E_y : Yasak enerji aralığı,

k: Boltzman sabiti ($8,625 \cdot 10^{-5} \text{ eV/}^\circ\text{K}$)

T: mutlak sıcaklıktır. σ_0 ; (1) formüllünden hesaplanır. ℓ : Numunenin boyu (20 mm); A: Kesit alanı (boy: 20 mm, en:10mm, kalınlık:1mm); I: Akım (5mA); U:Gerilim (12 V)

Herhangi bir T sıcaklığındaki iletkenlik değeri için (2) ifadesi kullanılır.

İşlem kolaylığı için (2) denkleminin logaritması alınır.

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_y}{2kT} \quad (3)$$

Bu denklem $y = ax+b$ tipinde lineer bir denklem olarak alınırsa $y = \ln \sigma$ ve $x = 1/T$ olur:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_y}{2k} \frac{1}{T}$$

Burada a,

$$a = -\frac{E_y}{2k} \quad (4)$$

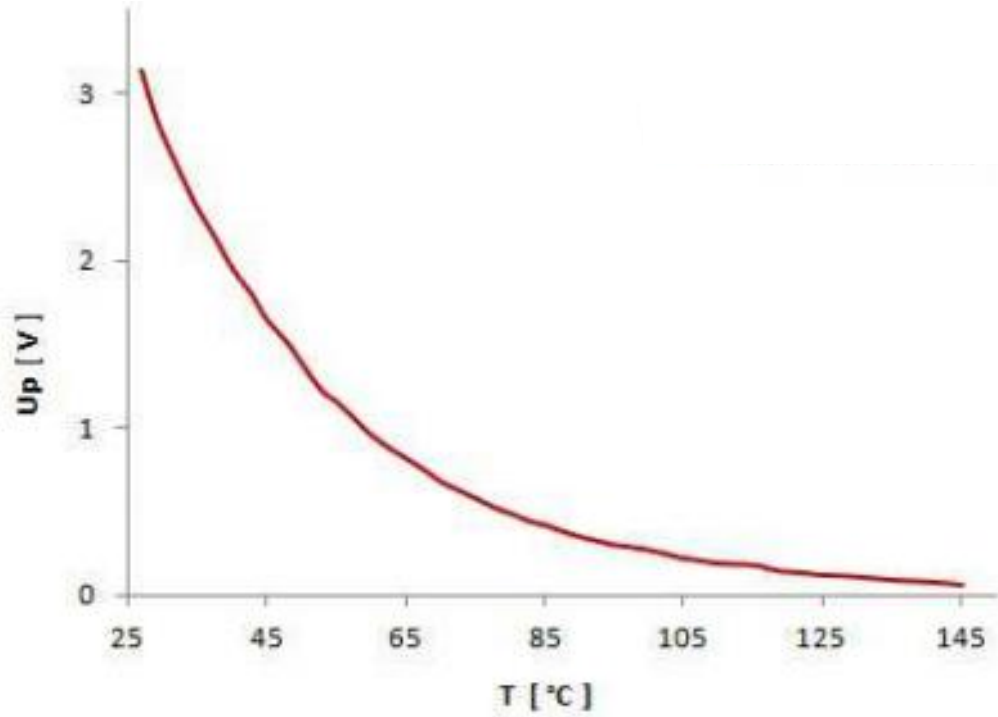
dır ve doğrunun eğimidir birimi $^\circ\text{K}$ dir.

Doğrunun eğiminden bulunan a değeri ile birlikte k Boltzman sabiti kullanılarak yasak enerji aralığı (eV biriminde) bulunur.

$$E_y = -a \cdot 2k \quad (5)$$

DENEYİN YAPILIŞI:

1. Deney düzeneğini Şekil 7.3'deki gibi kurunuz.
2. Taşıyıcı kart Hall etkisi modülü üzerine yerleştirilir.
3. Modül, arka kısmından 12V güç kaynağının AC kısmına yerleştirilir.
4. Numune voltajı multimetre ile ölçülür.
5. Bu işlem için modülün ön alt kısmındaki girişler kullanılır.
6. Göstergenin deney boyunca sıcaklık ayarında olduğundan emin olunuz. Bu ayar gösterge yanındaki düğmeden değiştirilebilir.
7. Başlangıçta, akım değerini 5mA a ayarlayınız. Akım ölçüm boyunca sabit kalır fakat gerilim sıcaklığa göre değişir.
8. Göstergeyi sıcaklığa ayarlayıp modülün arka kısmında bulunan on/off butonundan ısıtma bobinini çalıştırarak ölçmeye başlayın.
9. Ortamın ilk sıcaklığından, 170°C a kadar gerilimin sıcaklığa bağlı değişimini elde edin.
10. Verilerinizi Tablo 7.1'e kaydedin. (Kaydedilen verilerin grafiğine örnek bir eğri aşağıda verilmiştir.)

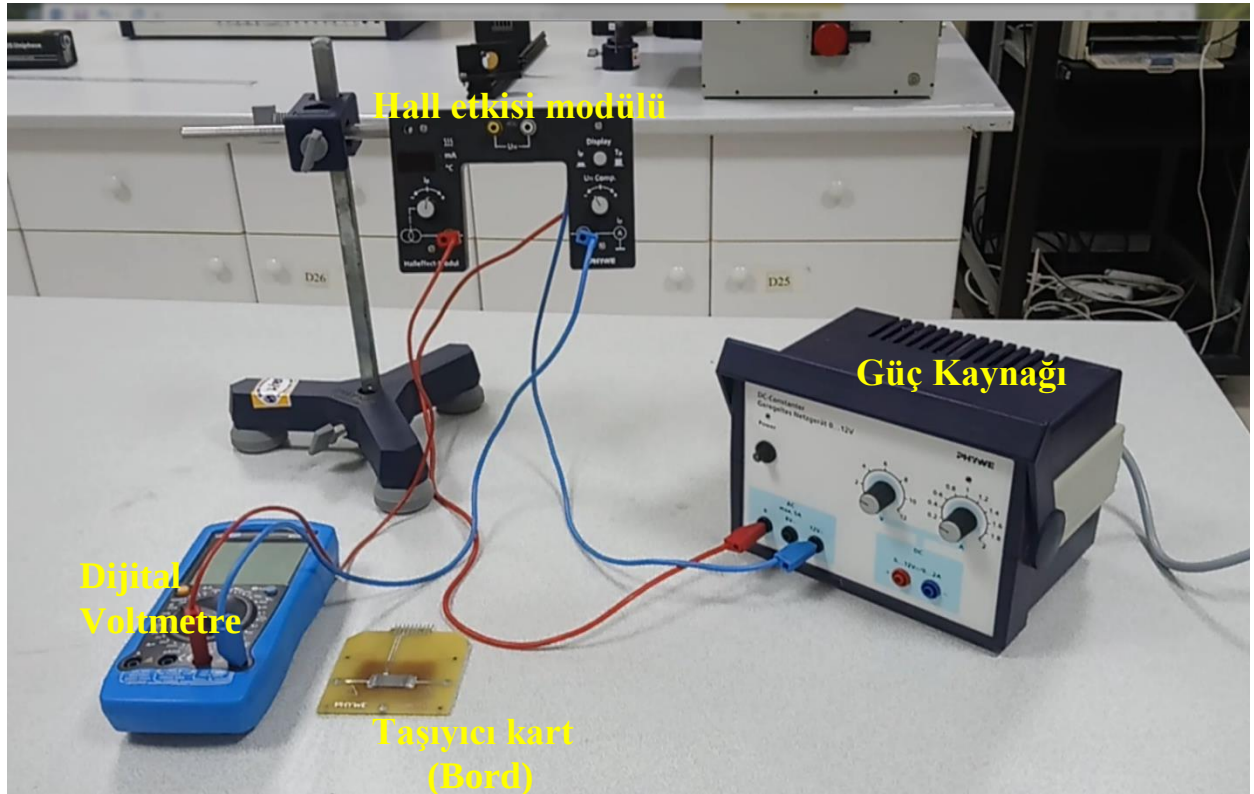


Şekil 7.2.Yariletken Sıcaklık-gerilim grafiği örneği

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

1. Dijital Multimetre (Voltmetre)
2. Bağlantı kabloları
3. Güç kaynağı (12V AC)
4. Üzerinde Ge bulunan taşıyıcı kart (Bord)
5. Hall etkisi modülü

DENEY DÜZENEĞİ



Şekil 7.3. Germanyumun bant aralığı deney düzeneği

ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

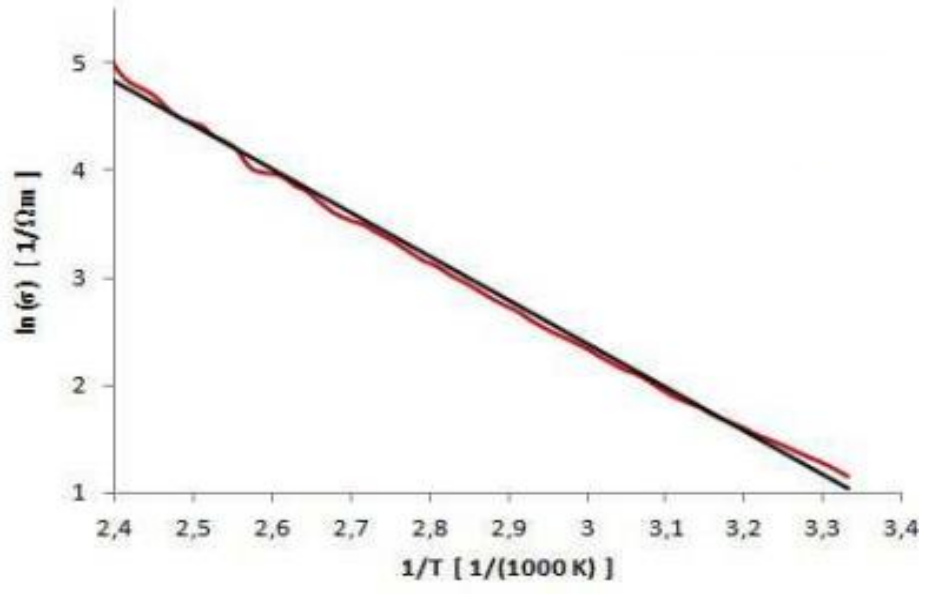
1. Tablo 7.1.'deki verileri kullanarak gerilimin sıcaklığa göre değişimi grafiğini çizerek yorumlayınız.
2. Eşitlik (1) den yararlanarak Ge'un ölçülen her bir sıcaklığa göre iletkenliğini (σ) hesaplayınız.
3. Yaptığımız hesaplamalarla Tablo 7.2'yi doldurunuz. (Ge plakanın boyutları $20 \times 10 \times 1 \text{ mm}^3$ tür.)
4. Tablo 7.2'deki değerlerden yararlanarak $\ln \sigma - 1/T$ grafiğini çizin (Şekil 7.4).
5. Grafiğin eğiminden a değerini bulunuz.
6. Grafiğin eğiminden ve eşitlik (3), (4) ve (5) ten yararlanarak germanyumun bant aralığını (E_y) bulunuz.
7. Hata hesabı yapınız. (Germanyumun bant aralığının literatür değeri $E_y = 0.67 \text{ eV}$ dur.)

Tablo 7.1. Ge'un sıcaklığın değişimiyle gerilimindeki değişim değerleri

T (°C)	Up (V)	T (°C)	Up (V)
20		100	
30		110	
40		120	
50		130	
60		140	
70		150	
80		160	
90		170	

Tablo 7.2. Ge'un sıcaklığa göre iletkenliği (σ)

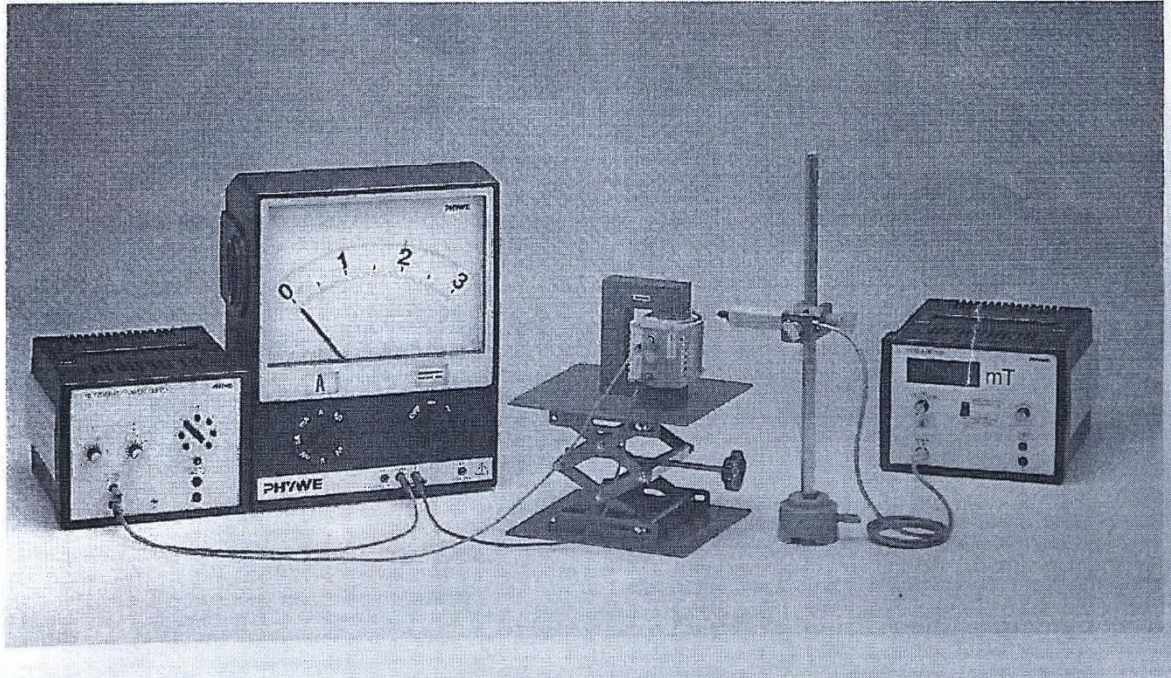
T (°C)	T (°K)	1/T (°K ⁻¹)	Up (V)	σ (1/Ω.m)	ln σ
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
130					
140					
150					
160					
170					



Şekil 7.4. Tipik bir $\ln\sigma$ - $1/T$ grafiği örneği

DENEY NO : 8

DENEYİN ADI: MANYETİK GEÇİRGENLİK KATSAYISI



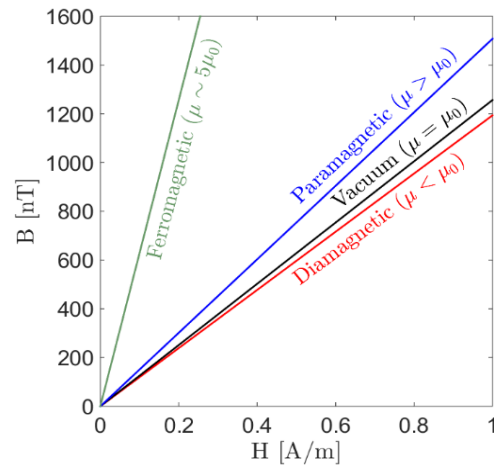
AMAÇ

Halka şeklindeki katmanlı ve katı demir çekirdeğin (göbeğin) manyetik geçirgenlik katsayılarının (μ) bulunması

DENEYİN TEORİSİ

Manyetik geçirgenlik: Bir manyetik malzemenin manyetik alana maruz kalmasıyla akı meydana gelir. Bu akı oluşumuna mıknatıslanma denir. Mıknatıslanmanın ölçüsü manyetik geçirgenliktir. Manyetik geçirgenlik; Akı yoğunluğundaki (B) değişimin manyetik alandaki (H) değişime oranı olarak tanımlanmaktadır:

$$\mu = dB/dH$$



Manyetik alan içindeki maddelerin, üzerindeki akıya göre, bağıl manyetik geçirgenliklerinin sınıflandırılması şekilde verilmiştir.

Maddelerin Mıknatıslanması: Bir malzemenin manyetik durumu, **mıknatıslanma vektörü (M)** denen bir nicelikle anlatılır. Mıknatıslanma vektörü büyüklüğü, maddenin birim hacmindeki net manyetik momente eşittir. **Boşlukta manyetik akı yoğunluğu B₀** (Tesla) ve **uygulanan manyetik alan şiddeti H** (Amper/metre) birbirleriyle ilişkilidir:

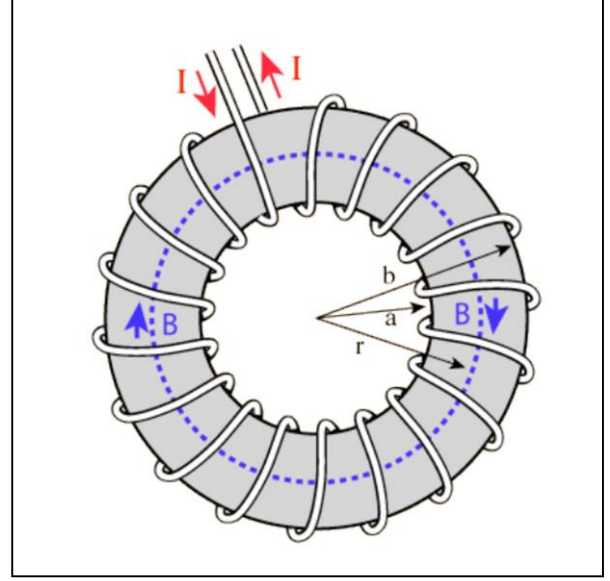
$$B_0 = \mu_0 \cdot H \quad (2)$$

Burada, μ_0 , boşluğun manyetik geçirgenlik katsayısı (magnetic permeability of vacuum) olup değeri $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m dir. Tahmin edebileceğiniz gibi, bir maddedeki toplam manyetik alan, hem uygulanan (dış) alana ve hem de maddenin mıknatıslanmasına bağlıdır.

$$B = \mu_0 \cdot (H + M) \quad (3)$$

Toroidin Manyetik Alanı

Akım taşıyan bir iletkenin oluşturduğu bir $\mathbf{B}_0$ manyetik alanının bulunduğu bir bölge düşünelim; böyle bir bölge toroid gibi bir sargının içi olabilir. Şimdi o bölgeyi bir manyetik madde ile doldurursak, bölgedeki toplam alan $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mathbf{B}_m$ olacaktır. Buradaki $\mathbf{B}_m$ manyetik maddenin oluşturduğu alandır. Bu katkı, mıknatıslanma vektörü cinsinden $\mathbf{B}_m = \mu_0 \mathbf{M}$ şeklinde ifade edilebilir. Böylece, maddedeki toplam alan



Şekil 8.1. Akım geçen telle sarılı içi dolu toroid

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mu_0 \mathbf{M} \quad (4)$$

olur. Bu aşamada **manyetik alan yoğunluğu (H)** işlemlerde kolaylık sağlamaktadır. Bunun için (4) ifadesinin her iki tarafını μ_0 'a bölelim ve $\mathbf{H} = \mathbf{B}_0/\mu_0$ diyelim. Buradan bu vektörel nicelik $\mathbf{H} = (\mathbf{B}/\mu_0) - \mathbf{M}$ bağıntısıyla ya da

$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M}) \quad (5)$$

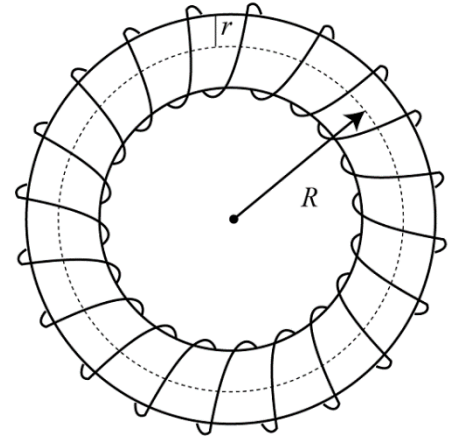
eşitliği ile tanımlanır. SI birimleriyle $\mathbf{H}$ ve $\mathbf{M}$ nin her ikisinin boyutu da A/m'dir.

İçi boş toroid:

Bu ifadeleri daha iyi anlayabilmek için I akımı taşıyan bir toroidin içindeki bölgeyi göz önüne alalım.

Şayet bu iç bölge bir boşluksa, içinde mıknatıslanacak bir malzeme yoksa, $\mathbf{M} = 0$ dir ve

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 = \mu_0 \mathbf{H} \quad (6)$$



Şekil 8.2. Akım geçen telle sarılı içi boş toroid

Bir toroidin içinde $\mathbf{B}_0 = \mu_0 n \mathbf{I}$ olduğundan (burada n toroidin, (L) birim uzunluğundaki, (N) sarım sayısıdır ve $n=N/L$ dir.)

$H = B_0/\mu_0$ olduğundan, H'ı; n ve akım (I) cinsinden bulalım:

$$H = B_0/\mu_0 = \mu_0 n I / \mu_0 = n I \quad (7)$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{I}(N/L) \quad (8)$$

elde edilir.

İçi Dolu Toroid:

Şayet toroidin içi bir tür madde ile doldurulur ve $\mathbf{I}$ akımı sabit tutulursa, maddenin içindeki $\mathbf{H}$, $n\mathbf{I}$ büyüklüğünü koruyarak değişmeden kalacaktır. Bunun nedeni, manyetik alan şiddeti $\mathbf{H}$ 'nin yalnız kangaldaki akımından kaynaklanmasıdır. Ancak, toplam $\mathbf{B}$ alanı madde konulduğu zaman değişir. (5) ifadesine göre $\mathbf{B}$ 'nin bir kısmının toroiddeki akımdan ileri gelen $\mu_0 \mathbf{H}$ teriminden; ikinci kısmının ise maddenin mıknatıslanmasından ileri gelen $\mu_0 \mathbf{M}$ teriminden kaynaklandığını görürüz.

$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M}) \quad (9)$$

Mıknatıslanma ile manyetik alan şiddeti arasında;

$$\mathbf{M} = \chi \cdot \mathbf{H} \quad (10)$$

ilişkisi vardır. Burada χ manyetik alınganlık olarak adlandırılan birimsiz bir çarpandır. Buna göre yukarıdaki ifadeyi yeniden düzenleyelim;

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} + \mu_0 \mathbf{M} = \mu_0 \mathbf{H} + \mu_0 \cdot \chi \mathbf{H} = \mu_0 (1 + \chi) \mathbf{H} \quad (11)$$

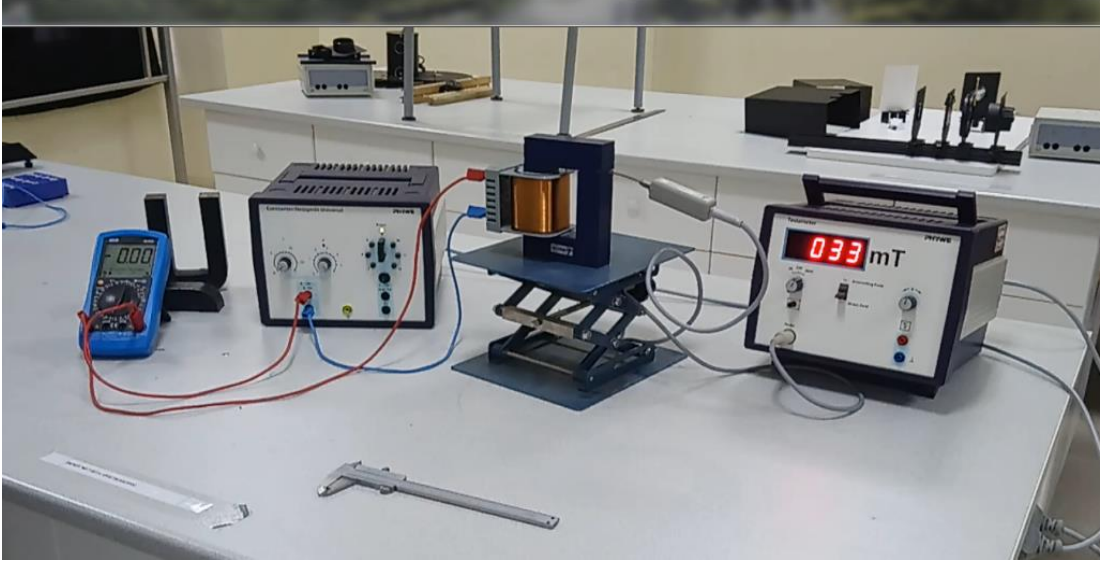
Olarak yazılabilir. Buradaki $\mu_0 (1 + \chi) = \mu$ diyelim. μ ortamın manyetik geçirgenlik katsayısıdır.

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (12)$$

$\mu_0 (1+\chi)= \mu$ ifadesinde parantez içerisindeki ifadeye de bağıl manyetik geçirgenlik katsayısı (μ_r) denmektedir.

$$\mu_r= \mu/ \mu_0= (1+\chi) \quad (13)$$

DENEY DÜZENEGİ



Şekil 8.3. Malzemelerin manyetik geçirgenlik katsayısının bulunması deney düzeneği.

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

1. Güç kaynağı
2. Bobin
3. Teslametre
4. Katı ve katmanlı demir çekirdek
5. Ampermetre
6. İletken kablolar

DENEYİN YAPILIŞI

1. Şekil 8.3'deki düzeneği kurun.
2. 600 sarımlı bobin kullanın.
3. Düzenek için ilk olarak katı demir göbeği kullanın.
4. Güç kaynağından akımı (yaklaşık olarak) 2 A olacak şekilde ayarlayın (Akımın değerinin maksimum 2 A olması gerektiğini unutmayın).
5. Teslametrenin ön yüzündeki anahtarı 'Direct field' konumuna getirin.
6. Güç kaynağı üzerinde bulunan voltaj değerini değiştirerek multimetreden akım değerini ve teslametreden manyetik alan değerini (B) okuyarak aşağıdaki Tablo 8.1'i doldurun.

Tablo 8.1. Katı demir çekirdek için ölçüm ve hesaplamalar

I (A)	B (mT)	B (T)	H(A/m)

7. Her bir akım değeri için H büyüklüğünü; verdiğiniz akım değerini (I), bobinin sarım sayısı (N) ve demir çekirdeğin ortalama boyu (L) değerlerini kullanarak (8) bağıntısından hesaplayarak tabloya yazınız.

a. Katı demir çekirdek için (Pure iron)

$$N = 600, L = 232 \text{ mm}, n=N/L = 2586 \text{ 1/m}$$

b. Katmanlı demir çekirdek için (Fe with lamellar structure)

$$N = 600, L = 244 \text{ mm} \quad n=N/L = 2459 \text{ 1/m'dir.}$$

8. Tablo 8.1 verilerinden yararlanarak B (Tesla)–H (Amper/metre) grafiğini çizin.
9. Grafiğin eğiminden ve (12) eşitliğinden yararlanarak katı demir çekirdeğin manyetik geçirgenlik katsayısını elde edin.
10. (13) bağıntısını kullanarak, katı demir çekirdeğin bağıl manyetik geçirgenlik katsayısını hesaplayınız.
11. Düzenekte bobini, katı demir çekirdekten çıkartıp katmanlı demir çekirdeğe takın.
12. Aynı işlemleri katmanlı demir göbek için de yaparak Tablo 8.2'yi doldurun.
13. Tablo 8.2 deki verilerden yararlanarak B (Tesla)–H (Amper/metre) grafiğini çizin.
14. Grafiğin eğiminden ve (12) eşitliğinden yararlanarak katmanlı demirin manyetik geçirgenlik katsayısını elde edin.

15. (13) bağıntısını kullanarak, katmanlı demir çekirdeğin bağıl manyetik geçirgenlik katsayısını hesaplayınız.

Tablo 8.2.Katmanlı demir çekirdek için ölçüm ve hesaplamalar

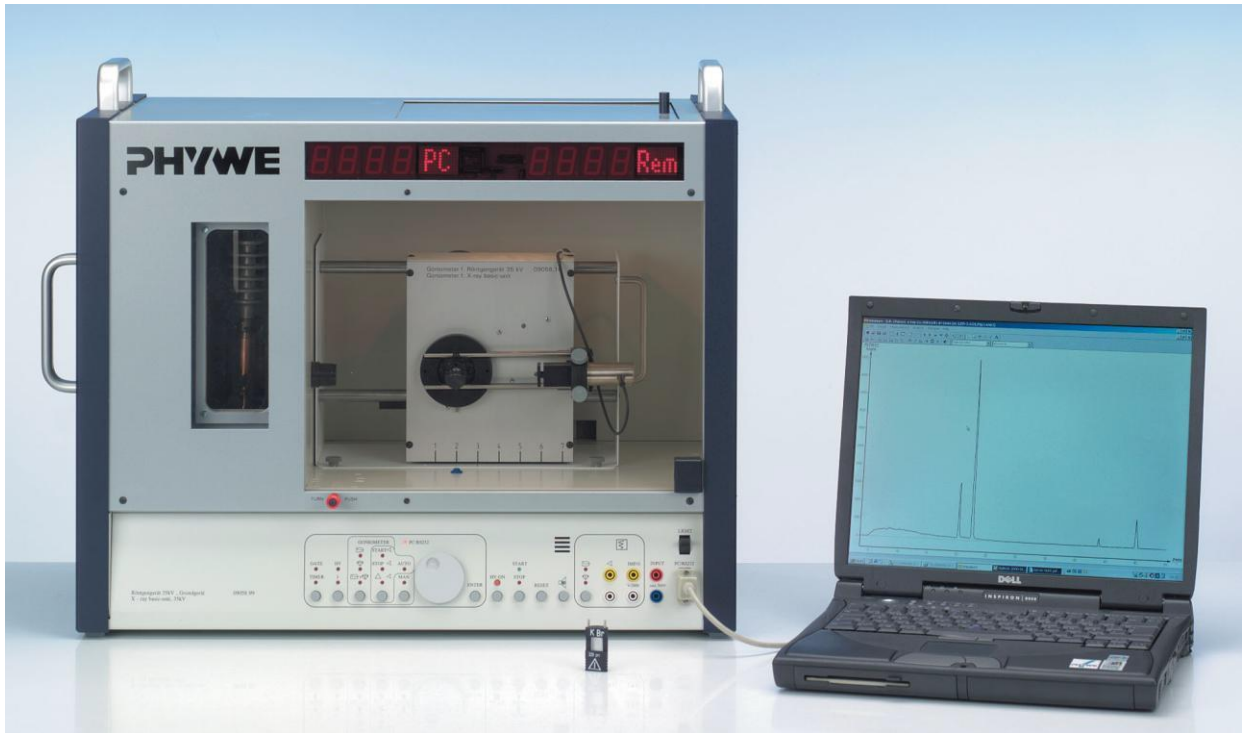
I (A)	B (mT)	B (T)	H(A/m)

Sorular

1. Yaptığınız hesaplamalar sonucu katı demir çekirdek ile katmanlı demir çekirdeğin manyetik geçirgenlik katsayıları arasında farklılık var mıdır? Varsa/yoksa sizce neden?

DENEY NO:9

DENEYİN ADI: BAKIRIN (Cu) KARAKTERİSTİK X IŞINLARI



AMAÇ

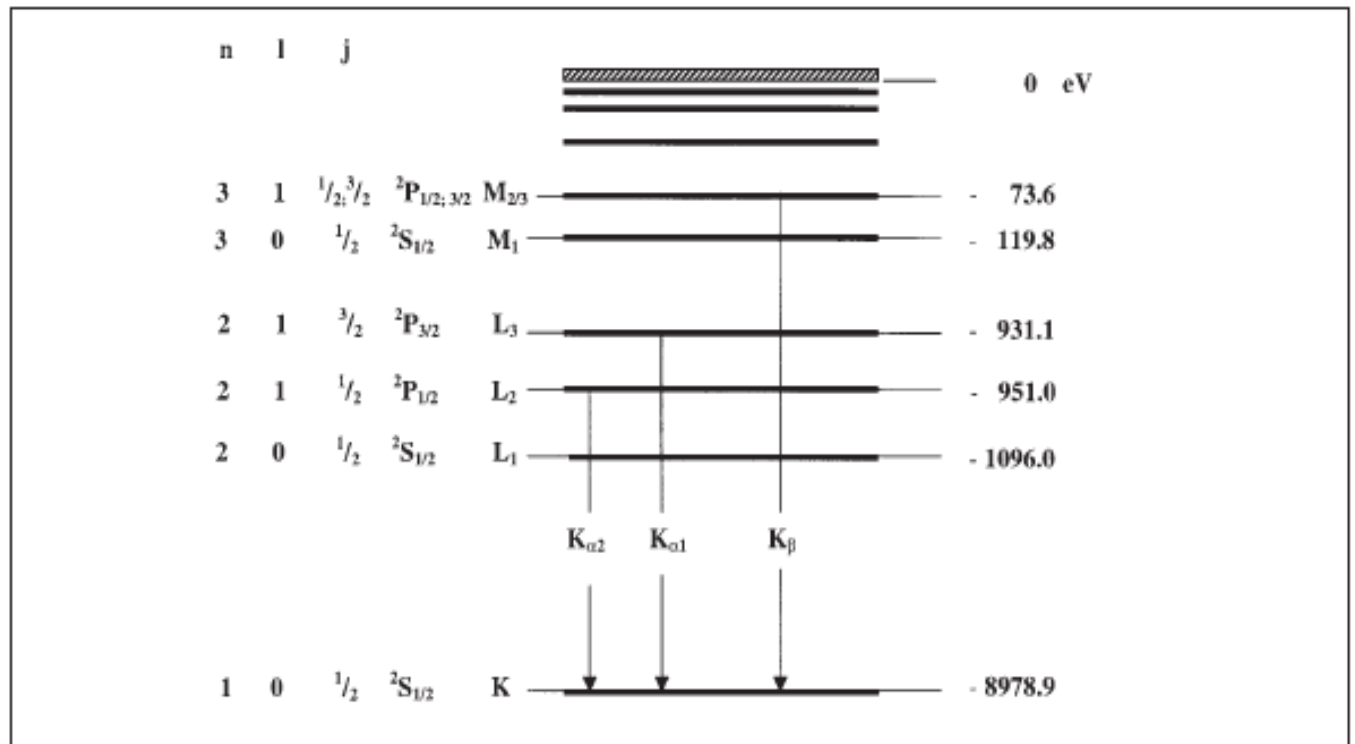
Bakır anottan çıkan X ışınlarının çeşitli monokristal yapılar kullanarak incelenmesi ve elde edilen sonuçların grafiğe dökülmesidir. Aynı zamanda elde edilen grafik yardımıyla grafiğimizin değişik mertebelerden verdiği maksimum ışık şiddetlerinin açıları kullanarak enerjiler hesaplanacaktır.

DENEYİN TEORİSİ

Yüksek enerjili elektronlar X ışını tüpünün anot ucuna çarptığında, X ışınlarının kesintisiz enerji dağılımı elde edilir. Enerjileri anot voltajına bağlı olmayan ve anot materyaline has olan X ışınlarına karakteristik X ışınları adı verilir.

karakteristik X ışınları şu şekilde elde edilir: K kabuğunun anot atomu üzerindeki elektron çarpışması bu atomu iyonlaştırır. İyonlaşan atomun elektronu yerine daha yüksek enerji düzeyinden başka bir elektron yerleşir. Bunun sonucunda bir enerji açığa çıkar ve daha sonra anot atomuna özel X ışını saçılması gerçekleşir. Figür-2 bakır atomunun enerji seviyelerini göstermektedir.

Fig. 2: Energy levels of copper ($Z = 29$)



Karakteristik X ışınları

- $L \rightarrow K$ ($K\alpha$ diye isimlendirilir) ya da
- $M \rightarrow K$ ($K\beta$ diye isimlendirilir)

ye bağlı geçişlerde olur.

$M1 \rightarrow K$ ya da $L1 \rightarrow K$ geçişleri kuantum mekanikteki “Selection Rule” prensibine göre gerçekleşemez.

Teorik olarak Cu atomlarının karakteristik çizgilerine göre şu değerler beklenmektedir:

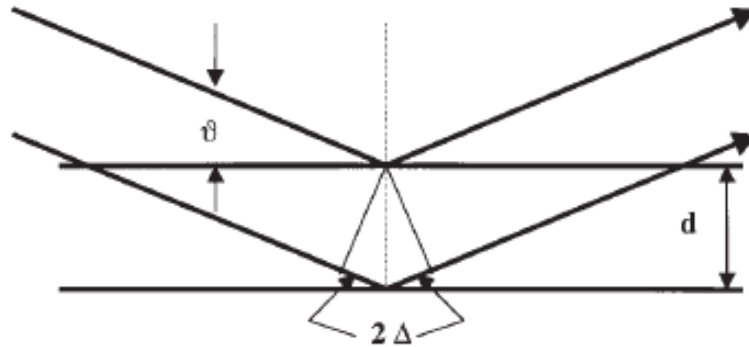
$$E_{K\alpha} = E_K - \frac{1}{2}(E_{L2} + E_{L3}) = 8.038 \text{ keV}$$

$$E_{K\beta} = E_K - E_{M2.3} = 8.905 \text{ keV}$$

$K\alpha$ *: $K\alpha_1$ ve $K\alpha_2$ değerlerinin ortalaması olarak verilmiştir.

Polikromik X ışınlarının analizi monokristal sayesinde gerçekleşmektedir. Dalga boyu λ olan X ışınları belli bir açı ile monokristal üzerine çarptığında, yapıcı girişim path farkı Δ olan dalgalarda gerçekleşmektedir (Fig-3)

Fig. 3: Bragg scattering on the lattice planes



Bu durum Bragg denkleminde açıklanmıştır.

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

(d: düzlemler arası mesafe)

Eğer “d” bilinirse X ışınlarının enerjisi spektrumdaki açılara bakarak aşağıdaki denklemden hesaplanır.

$$E = h \cdot f = hc / \lambda$$

bu son iki denklemin birleştirilmesinden:

$$E = (n \cdot h \cdot c) / (2 \cdot d \cdot \sin \theta)$$

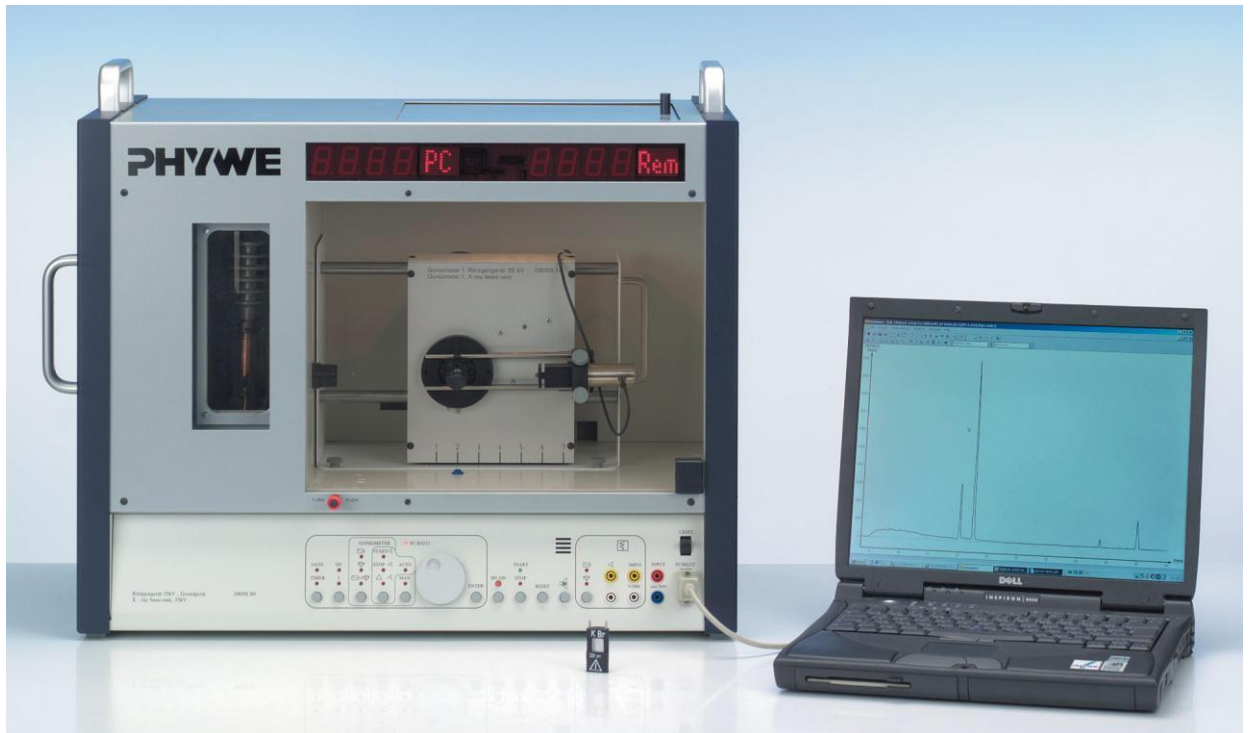
Enerji denklemi elde edilir.

Kullanılması gereken sabitler aşağıdaki gibidir.

Planck's constant	h	$= 6.6256 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Velocity of light	c	$= 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Interplanar spacing LiF (200)	d	$= 2.014 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Interplanar spacing KBr (200)	d	$= 3.290 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
and the equivalent	1 eV	$= 1.6021 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

- X-ray basic unit, 35 kV 09058.99 1
- Goniometer for X-ray Unit 35 kV 09058.10 1
- Plug-in module with Cu-X-ray tube 09058.50 1
- Counter tube type B, BNC cable, l = 50 cm 09005.00 1
- Lithium fluorid crystal, mounted 09056.05 1
- Potassium bromide crystal, mounted 09056.01 1
- Software X-ray unit, 35 kV 14407.61 1
- Data cable 2 x SUB-D, plug/socket, 9 pole 14602.00 1
- PC, Windows® XP or higher



DENEYİN YAPILIŞI

Deneyin Yapılışında önemli adımlar:

- 1) Bakır anot tarafından çıkarılan X ışınları maksimum anot voltajında olup anot akımı Bragg açısının fonksiyonu olarak size verilen LiF ya da KBr kristali yardımıyla analiz edilecektir.
- 2) Bakır atomlarının enerji değerleri grafik yardımıyla hesaplanıp teorik değerler ile karşılaştırılacaktır.

Cihazın kurulumu ve kullanım prosedürü:

- 1) X ray cihazını açınız.
- 2) X ray cihazının bilgisayar bağlantılarını kontrol ediniz.
- 3) Başlat komutuyla "Measure" programı seçiniz ve sonra "Gauge" -> "X-rayDevice" komutlarını takip ediniz.
- 4) Aşağıdaki şekilde olduğu gibi parametrelerinizi ayarlayınız.

The screenshot shows the 'X-ray device' software window. It has a title bar with 'X-ray device' and a close button. The window is divided into several sections:

- Type of measurement:** Radio buttons for 'spectra' (selected), 'transmission curve', 'impulse count', and 'Compton experiment'.
- X-data:** A dropdown menu showing 'Crystal angle'.
- Emissions current:** A text box with '1' and 'mA'.
- Integration time:** A text box with '2' and 's'.
- Voltage:** Radio buttons for 'constant voltage' (selected) and 'variable voltage'. Below are text boxes for '35' kV, '5' kV (minimal voltage), '35' kV (maximal voltage), and '2' kV (voltage increment).
- Rotation mode:** Radio buttons for '2:1 coupled mode' (selected), 'fixed crystal angle' (with '45' degrees), and 'both angles constant'.
- Crystal angle:** Text boxes for 'starting angle' (5), 'stopping angle' (55), and 'angle increment' (0,1).
- Setup:** A section with dropdowns for 'Anode material' (Cu), 'Crystal' (LiF (100); d=201,4pm), 'Absorber' (no absorber), and 'Filter' (no filter). Below these is a button labeled 'Crystal / Absorber / Filter'.
- Displays:** Checkboxes for 'Crystal angle', 'Detector angle', 'Voltage', 'Emissions current', 'Impulse rate', 'Spectrum', and 'Geometry'. 'Crystal angle', 'Detector angle', 'Impulse rate', and 'Spectrum' are checked.
- Buttons:** 'Continue' and 'Cancel' buttons at the bottom.
- Version:** 'Ver 02.00' in the bottom right corner.

figure1

- 5) "Continue" düğmesine tıklayınız.
- 6) "Start Measurement" düğmesine tıklayıp deneyinizle ilgili ölçümleri not etmeye başlayınız.
- 7) Ölçümlerinizi aşağıdaki Tablo-1 e kaydediniz.
- 8) Aldığınız verilerin grafiğini milimetrik kâğıda çiziniz. (Teta-Imp/s grafiği)
- 9) Tespit ettiğiniz ilk iki tepe noktalarındaki açılar $n=1$ için $K\beta$ ve $K\alpha$ nın enerji değerlerini verecek olan açılardır. Daha sonraki tepe noktaları $n=2$ ve diğer enerji noktalarındaki tepe değerlerdir. (Not: KBr için en az üç, LiF için en az iki tepe değeri bulunuz.)

Tablo-1

Teta (θ) Açısı	Impulse Rate (Imp/s)

10) İkinci tepe noktaları için de $K\beta$ ve $K\alpha$ nın enerji değerlerini bulunuz. KBr kristali ile çalışıyorsanız tablo-2 nin KBr kısmını doldurunuz.

11) Enerji değerlerini $E = (n \cdot h \cdot c) / (2 \cdot d \cdot \sin\theta)$ formülüyle bulabilirsiniz.

12) Deneysel değerlere bakarak % hatalarınızı bulunuz.

Tablo-2	Teta (θ)	$K\beta$ ve $K\alpha$	E exp/keV
LiF			
n=1		$K\alpha$	
		$K\beta$	
n=2		$K\alpha$	
		$K\beta$	
Ortlama	-----	$K\alpha$	
		$K\beta$	
KBr			
n=1		$K\alpha$	
		$K\beta$	
n=2		$K\alpha$	
		$K\beta$	
n=3		$K\alpha$	
		$K\beta$	
n=4		$K\alpha$	
		$K\beta$	
Ortalama			

E $K\alpha$ = 8.038 keV

E $K\beta$ = 8.905 keV Teorik değerler

DENEY NO:10

**DENEYİN ADI: FARKLI ORYANTASYONLARDAKİ NACL
MONOKRİSTALİNİN YAPISININ İNCELENMESİ**



AMAÇ

Polikromik X ışınlarının farklı oryantasyonlardaki NaCl monokristaline gönderilip yansıyan ışının dalga boyundan yararlanılarak örgü düzlemlerinin arasındaki mesafenin hesaplanmasıdır.

DENEYİN TEORİSİ

NaCl monokristalleri yüzey merkezli kübik (fcc) yapıya sahiptirler. Hücrenin 000 noktasındaki bazı Na^+ ve $\frac{1}{2}\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ noktasındaki bazı Cl^- iyonudur. Örgü sabiti “a” olan kübik kristal yapı için yüzeyler arasındaki mesafe:

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

(1)

formülüyle verilir.

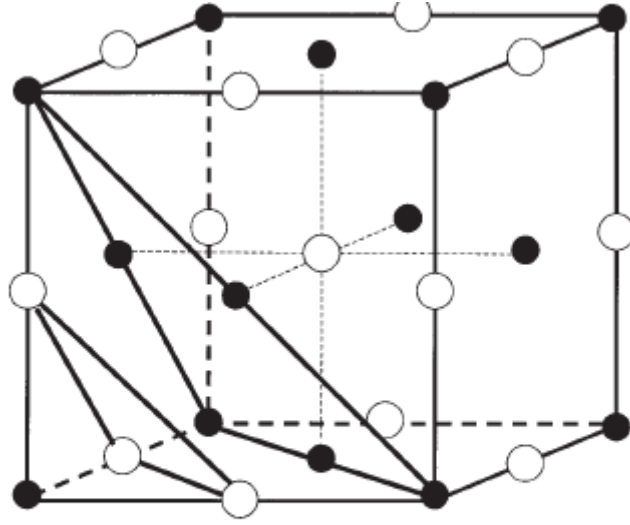


Fig. 2; NaCl crystal structure with drawn-in (111) and (222) lattice planes. Na^+ ions = ● ; Cl^- ions = ○.

Dalga boyu λ olan X ışını örgü düzlemlerinin paralel tabakalarına belli bir teta açısında gönderildiğinde Bragg yasasına göre

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

($n=1,2,3,\dots$)

(2)

eşitliği şartı sağlanırsa yapıcı girişim olayı gerçekleşir.

Yansımaların birbirine göre şiddeti saçılan ışının gücüne ve kristal hücre içindeki her bir atomun pozisyonuna bağlıdır. Bu durum yapı faktörü “ $F_{(hkl)}$ ” olarak tanımlanmaktadır.

$$F(h,k,l) = \sum_n f_n \cdot \exp[-2\pi i(hu_n + kv_n + lw_n)] \quad (3)$$

f_n = atomik düzen faktörü

u_n, v_n, w_n = birim hücredeki “n” tane atomun koordinatları. Yansımanın toplam şiddeti :

$$I = F^* \cdot F = |F(h,k,l)|^2 \quad (4)$$

(3) denklemine göre NaCl kristalindeki atomik pozisyonlar $(000, 0\frac{1}{2}\frac{1}{2}, \frac{1}{2}0\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\frac{1}{2}0)$ fcc örgünün bazlarına yerleştirilirse;

$F=0$ h,k,l üçlüsü tek ve çift sayıları içeriyorsa

$F=4f$ h,k,l üçlüsü sadece tek veya sadece çift sayıları içeriyorsa

Teorik olarak NaCl kristalinin örgü sabiti $a=564\text{pm}$ (pikometre)dir.

Bu bilgidен yararlanarak örgü düzlemleri arasındaki mesafe $d(100)=282\text{pm}$, $d(110)=199.4\text{pm}$, $d(111)=325,6\text{pm}$ olarak bilinmektedir.

DENEYDE KULLANILAN MALZEMELER

X-ray basic unit, 35 kV 09058.99 1

Goniometer for X-ray unit, 35 kV 09058.10 1

Plug-in module with Cu X-ray tube 09058.50 1

Counter tube, type B 09005.00 1

Universal crystal holder 09058.02 1

Sodium chloride monocrystals, set of 3 09058.01 1

Recording equipment:

XYt recorder 11416.97 1

Connecting cable, $l = 100\text{ cm}$, red 07363.01 2

Connecting cable, $l = 100\text{ cm}$, blue 07363.04 2 ya da

Software X-ray unit, 35 kV 14407.61 1

Data cable, 2 x SUB-D, plug/socket, 9 pole 14602.00 1 PC, Windows® 95 or higher

DENEYİN YAPILIŞI

- 1) Farklı yapılardaki (100),(110) NaCl monokristallerinin üzerine gönderilen X ışınlarının şiddetlerinin ölçülmesi
- 2) Her bir yapı için şiddet grafiklerinin çizilip tepe noktalarındaki açılardan yararlanarak NaCl mono kristalleri örgü düzlemlerinin arasındaki mesafelerin bulunması

Cihazımızı çalıştırmadan önce Figure-1 deki kurulumu yaptıktan sonra;

- 1) Cihazın kapağını açınız.
- 2) 2mm aparatı ışının çıkış noktasına takınız.
- 3) Soket içerisine size verilen (110) ya da (100)'lük NaCl kristalini yerleştiriniz
- 4) Kapağı kapatıp güvenlik kitini aktif hale getiriniz.
- 5) X ray cihazını açınız.
- 6) HV tuşuna basıp ibreyi kullanarak gerilimi 35 kV ve akımı 1mA durumuna getirip ENTER tuşuna basınız.
- 7) Goniometre tuşuna basıp açı ölçümü için cihaz ve kristalin değerini gösterecek şekilde ayarlayınız.
- 8) HV-ON tuşuna basıp teta ve imp/s değerlerini tablonuza kaydediniz.
- 9) Milimetrik kâğıda yatay eksen teta, düşey eksen imp/s değerini gösterecek şekilde grafik çiziniz.
- 10) Bu grafikte elde ettiğiniz tepe değerlere karşılık gelen açı değerlerini bulunuz. Bragg yasasından $2d \sin \theta = n \lambda ; (n = 1,2,3,...)$ yararlanarak düzlemler arasındaki mesafeyi bulunuz, aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

[illegible]

Eğer size verilen kristal (100) kristali ise tablo-1 ; (110) kristali ise tablo-2 doldurulacaktır.

Tablo-1

	(hkl)	$\vartheta(K_{\alpha})/^{\circ}$	$\vartheta(K_{\beta})/^{\circ}$	$d(\vartheta-K_{\alpha})/\text{pm}$	$d(\vartheta-K_{\beta})/\text{pm}$	d/pm	$d(\text{theor})/\text{pm}$	% hata
Kristal adı(100)								
n=1	002							
n=2	002							
n=3	002							
						ortalama(.....	282.0	

Tablo-2

	(hkl)	$\vartheta(K_{\alpha})/^{\circ}$	$\vartheta(K_{\beta})/^{\circ}$	$d(\vartheta-K_{\alpha})/\text{pm}$	$d(\vartheta-K_{\beta})/\text{pm}$	d/pm	$d(\text{theor})/\text{pm}$	% hata
Kristal adı(110)								
n=1	022							
n=2	022							
						ortalama(.....	199.4	

NÖT: hesaplamalarınızı yaparken Cu atomu için alfa ve beta için dalga boyu:

(Cu: $\lambda_{K\alpha} = 154.4 \text{ pm}$; $\lambda_{K\beta} = 139.2 \text{ pm}$) değerlerini kullanınız.

11) Bulduğunuz değeri teorik değerlerle karşılaştırmınız.

Yüzde hatanızı hesaplayınız.

Sorular

- 1) Grafiğimizde niçin belli açılar değerlerinde tepe değerler elde ettik?
- 2) Bulduğunuz farklı açılar değerlerinden elde edilen “d” değerlerinin birbirine yakın çıkmasının sebebi nedir?

DENEY NO:11

DENEYİN ADI: X IŞINLARININ SOĞRULMASI

AMAÇ:

Çok renkli X-ışınları, bir monokristal analizörü kullanılarak enerji seçilecektir. Deneyin amacı; bu elde edilen tek renkli radyasyonun (birincil radyasyon kaynağının) çeşitli metallerin absorpsiyon davranışının, absorplama kalınlığına ve birincil radyasyonun dalga boyuna bağlı olarak incelenmesidir.

DENEYİN TEORİSİ:

Şiddeti I_0 olan bir X-ışınları demeti tabaka kalınlığı d olan bir malzeme içine nüfuz edip karşı tarafa geçtiğinde, en sonki ışıma yoğunluğu I :

$$I = I_0 e^{-\mu(\lambda, Z)d}$$

olur. Bu denklemdeki, doğrusal emilim katsayısı μ [cm^{-1}], X-ışımının dalga boyuna (λ) ve soğurucunun atom numarasına (Z) bağlıdır. Bu bağıntı sayesinde, soğurma katsayısı da belirlenebilir ki o da;

$$-\frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{d} = \mu$$

bağıntısı ile bulunur. Çeşitli malzemelerin soğurma davranışlarını karşılaştırabilmek için, yarı-değer kalınlığı olarak bilinen $d_{1/2}$ 'yi kullanmak daha avantajlı olabilir. Bu kalınlığın soğurucuları, birincil ışıma şiddetini yarıya indirirler.

$$d_{1/2} = 0,69 \frac{1}{\mu}$$

X-ışınlarının soğrulmasındaki süreç aşağıdaki gibidir:

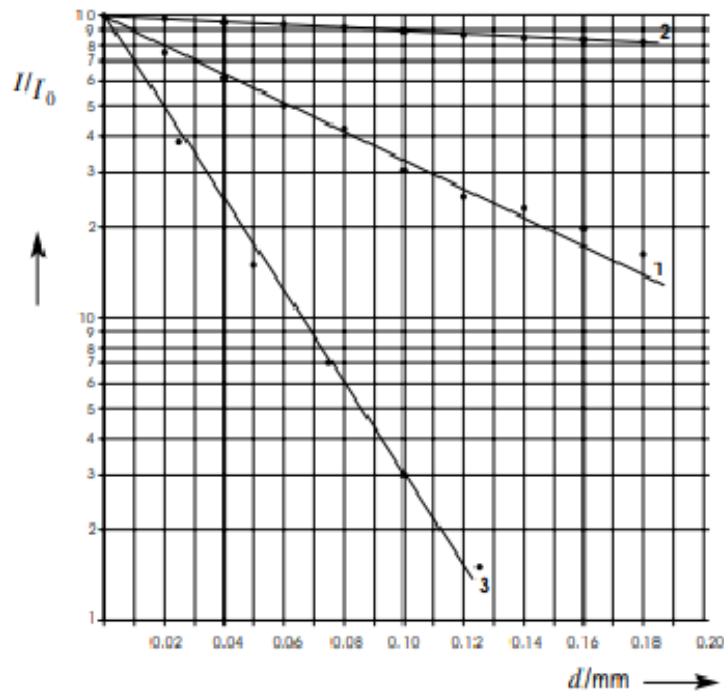
1. Fotoelektrik etki
2. Saçılma (Compton etkisi)
3. Çift üretimi

Burada bahsi geçen çift üretimi, serbest haldeki elektronun enerjisini iki katına çıkaracak belirli bir eşik enerjisine ($2E_0=2m_0c^2=1.02\text{ MeV}$) ihtiyaç duyar. Formüldeki soğurma katsayısı aşağıdaki gibi 2 bileşenden meydana gelmektedir.

$$\mu = \tau_{\text{fotoelektrik etki}} + \sigma_{\text{compton saçılması}}$$

Tablo 1. Soğurmanın dalga uzunluğuna bağlı değişimine birkaç örnek

Metal	$\mu\text{ (cm}^{-1}\text{)}$	$d_{1/2}\text{ (cm)}$	$\mu / \rho\text{ (cm}^2\text{ gr}^{-1}\text{)}$
Al ($Z=13, \rho=2.7\text{ gr/cm}^3$)			
$\lambda = 139\text{ pm}$	112	6.2×10^{-3}	41.5
$\lambda = 70\text{ pm}$	14.1	20.4	5.2
Zn ($Z=30, \rho=7.14\text{ gr/cm}^3$)			
$\lambda = 139\text{ pm}$	280	2.5×10^{-3}	39.2



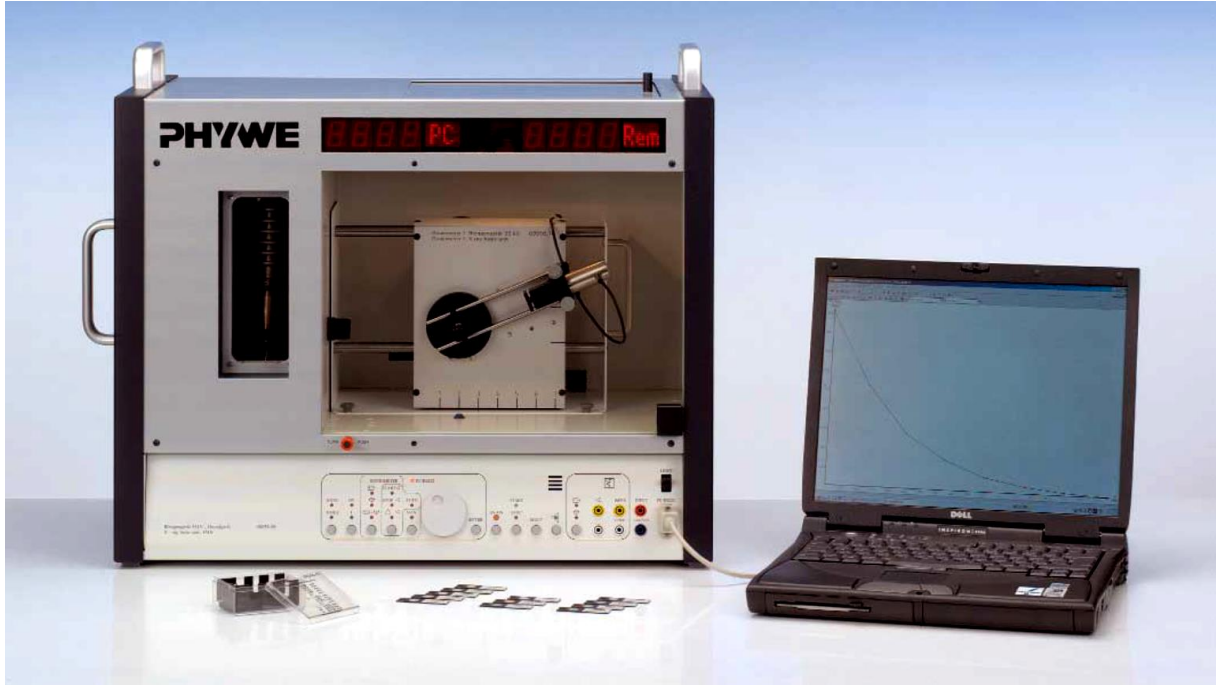
Şekil 11.1: Soğurucu kalınlığının bir fonksiyonu olarak darbe hızlarının yarı-logaritmik gösterimi.

Eğri 1: Al ($Z = 13$); $\lambda = 139\text{ pm}$

Eğri 2: Al ($Z = 13$); $\lambda = 70\text{ pm}$

Eğri 3: Zn ($Z = 30$); $\lambda = 139\text{ pm}$

DENEY DÜZENEGİ



Şekil 11.2. X-ışını absorpsiyonunun belirlenmesi için deney düzeneği.

DENEYDE KULLANILACAK MALZEMELER

- X-ışını temel ünitesi, 35 kV 09058.99 1
- X-ışını Ünitesi 35 kV için gonyometre 09058.10 1
- Cu-X-ışını tüplü tak-çalıştır modülü 09058.50 1
- Sayaç tüpü, BNC kablo, l = 50 cm 09005.00 1
- Lityum florür kristal, monte edilmiş 09056.05 1
- X-ışınları absorpsiyonu seti 09056.02 1

DENEYİN YAPILIŞI:

- Deneyi Şekil 11.2'de gösterildiği gibi kurun.
- X-ışını ünitesi kapalıyken, gonyometreyi ve Geiger-Müller sayaç tüpünü deney alanının taban plakasındaki uygun yuvalara bağlayın. Analiz kristali monte edilmiş gonyometre bloğunu sol durdurucuya ve sayaç tüpünü sağ durdurucuya ayarlayın.
- Alüminyum (Al) ve çinko (Zn) folyoları, Geiger-Müller sayaç tüpü içindeki diyafram aracılığıyla sayaca bağlayın.
- Soğurucu tarafından tespit edilen ışıma şiddetinin (yoğunluğunun) önce I_0 daha sonra I olduğu iki farklı bakma açısını manuel olarak belirleyin ve seçin (180 ile 250 arasındaki pikler için açı değerlerini seçebilirsiniz.).
- X-ışını absorpsiyonu setinde soğurucu yokken yukarıda ifade edilen açılara karşılık gelen sinyal oranlarını Tablo 2'ye not edin.
- Ardından alüminyum ve çinko soğurucular varken yukarıda ifade edilen açılara karşılık gelen sinyal oranlarını Tablo 2'ye not edin.
- Kütle emilim (absorpsiyon) katsayılarını, ölçülen değerlerin grafiksel gösteriminden belirleyin. Sabit kalınlıktaki alüminyum ve çinko folyolar için kütle emilim katsayıları, dalga boyunun bir fonksiyonu olarak belirlenecektir. Grafiksel gösterimden şu gösterilecektir:

$$\frac{\mu}{\rho} = f(\lambda^3)$$

Not: 1. Soğurucuların kalınlığını değiştirebilmek için tek seferde iki folyo üst üste kullanılabilir.

2. Alacağınız ölçüm değerleri için hata payını minimum tutabilmek için, ölçümler $I \geq 1000$ sinyal⁻¹ yoğunluğuna kadar yapılmalıdır.)

Bilgisayar Bağlantısı ve Ölçüm:

- X-ışını ünitesini USB kablosu ile bilgisayarınızın USB portuna bağlayın.
- “measure” programını başlatın. Ekranda bir sanal X-ışını ünitesi görüntülenecektir.
- X-ışını ünitesini sanal X-ışını ünitesinin üzerindeki ve altındaki çeşitli özelliklere tıklayarak kontrol edebilirsiniz. (Alternatif olarak, parametreleri gerçek X-ışını ünitesinde de değiştirebilirsiniz. Program otomatik olarak ayarları kabul edecektir.)
- Deney parametrelerini değiştirmek için deney kutusuna tıklayın.
- X-ışını tüpüne tıklarsanız, X-ışını tüpünün voltajını ve akımını değiştirebilirsiniz.

- Kırmızı daireye tıklayarak ölçümü başlatın.
- Ölçümden sonra, ölçmek için tüm verileri gönderin.

Spektrumların kaydı için önerilen ayarlar:

- Otomatik ve Bağlantı modu
- Kapı süresi 50 s veya daha uzun
- Açık adım genişliği 0,1°
- Anot voltajı $U_A = 25-35$ kV, Anot akımı $I_A = 1$ mA

Sayaç tüpünü asla daha uzun bir süre birincil radyasyona maruz bırakmayın. Hatayı minimumda tutmak için, her zaman 50 saniye veya daha uzun bir kapı süresi kullanın, böylece toplam darbe sayısı her zaman 1000'den fazla olur. Küçük darbe hızlarında, arka plan radyasyonu hesaba katılmalı ve önce $U_a = 0$ V'luk bir hızlanma voltajında dikkatlice belirlenmelidir.

ÖNEMLİ!

Sayaç tüpünü asla çok uzun bir süre birincil radyasyona maruz bırakmayın.

Tablo 2.

Metal	I	I_0	μ (cm ⁻¹)	μ_{teorik} (cm ⁻¹)	$d_{1/2}$ (cm)	$d_{1/2\text{teorik}}$ (cm)
Al , d=0.08 mm						
K _{β}				14.1		20.4
K _{α}				112		0.0062
Zn , d=0.08mm						
K _{β}						
K _{α}				280		0.0025

DENEY NO:12

DENEYİN ADI: X-IŞINLARININ COMPTON SAÇILMASI

AMAÇ:

Saçılmaya uğrayan X-ışınlarının dalga boyundaki “Compton kaymasını” gözlemlemek ve farklı açılarda saçılan X-ışınlarının sayaç tüpü aracılığıyla ölçülerek Compton dalga boylarını belirlemek.

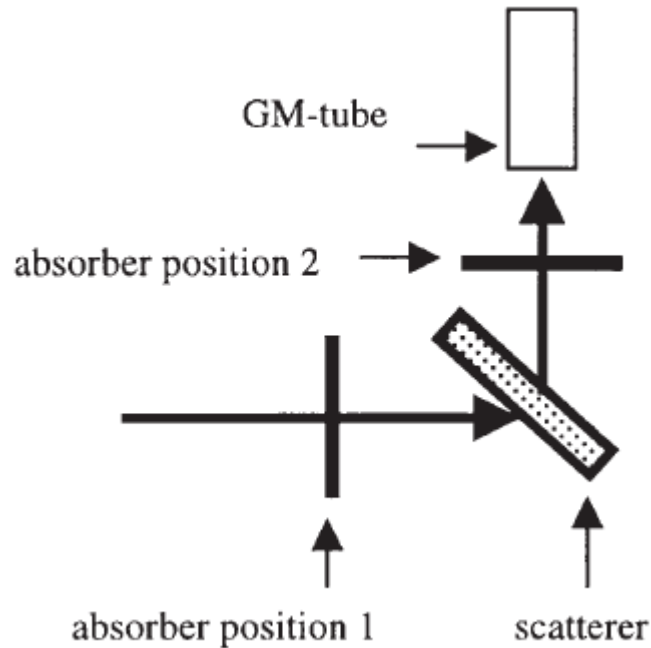
DENEYİN TEORİSİ

Çok yüksek enerjili fotonların bir atom ile etkileşime girdiğinde belirli açılarla saçılması olayına **Compton saçılması** (veya Compton Olayı) denir. Diğer bir deyişle, elektronlar üzerinde fotonların elastik saçılmasına Compton saçılması denir. Bu saçılma esnasında, hem momentum hem de enerji korunumu gerçekleşir ve nokta kütlelerde beklendiği gibi foton ile elektron arasında enerji değişimi olur. Enerji aralığı elektronun durgun haldeki kütlesi olduğundan, hesaplama rölativisttik (görelî) olmak zorundadır. Bir fotonun enerjisi (E), frekans (f)’a ve Planck sabiti (h)’ne bağlıdır ve

$$E = hf$$

denklemleri ile ifade edilir.

Compton saçılması, bir X-ışını demetinin bir plastik parçasına yönlendirilmesiyle elde edilir. Compton etkisinin saçılma geometrisinin şematik bir gösterimi Şek. 12.1’de gösterilmiştir. Olay fotonu, gerçek yönünden α saçılma açısı altında saçıldığında enerji kaybına uğrarken, serbest elektron çarpışma noktasından β açısı altında enerji kazanarak yayılır.



Şekil 12.1: 90° Compton saçılma düzeninin şematik gösterimi.

Enerji ve momentumun korunumu ilkesinden (ve görelî elektron kütlesini hesaba katarak) saçılan fotonun dalga boyu $\Delta\lambda$ 'da saçılma açısının bir fonksiyonu olarak bir değişim meydana gelir:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\alpha) = 2 \frac{h}{m_0c} \sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Burada:

- Planck sabiti: $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js
- Işık hızı: $c = 2.998 \times 10^8$ ms⁻¹
- Elektronun durgun kütlesi: $m_0 = 9.109 \times 10^{-31}$ kg

Bu formül, dalga boyu sapması için Compton formülüdür.

90° saçılma için dalga boyundaki değişime **Compton dalga boyu** denir ve şu enerjiyi içerir:

$$E_c = h \cdot f_c = \frac{h \cdot c}{\lambda_c} = m_0c^2; \lambda_c = \frac{h}{m_0c} = 2.426 \text{ pm}$$

Burada E_c durgun haldeki elektronun enerjisidir ve bu değer 511 keV'a eşittir.

Şekil 12.3, iletim katsayıları ile 90° Compton saçılmasının durumunu göstermektedir:

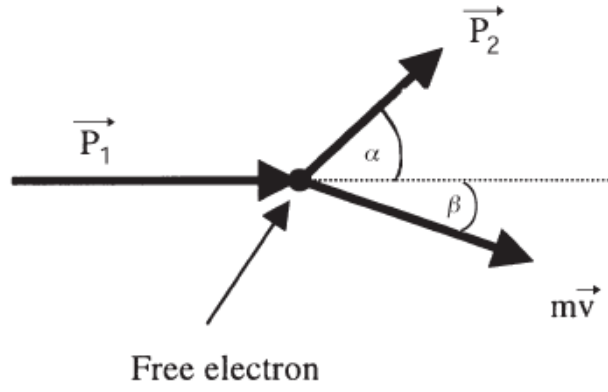
$$T_1 = \frac{N_4^*}{N_3^*} = \frac{32.4 \text{ Imp/s}}{96.2 \text{ Imp/s}} = 0.337 \pm 1.6\% ;$$

$$T_2 = \frac{N_5^*}{N_3^*} = \frac{27.8 \text{ Imp/s}}{96.2 \text{ Imp/s}} = 0.289 \pm 1.7\% ;$$

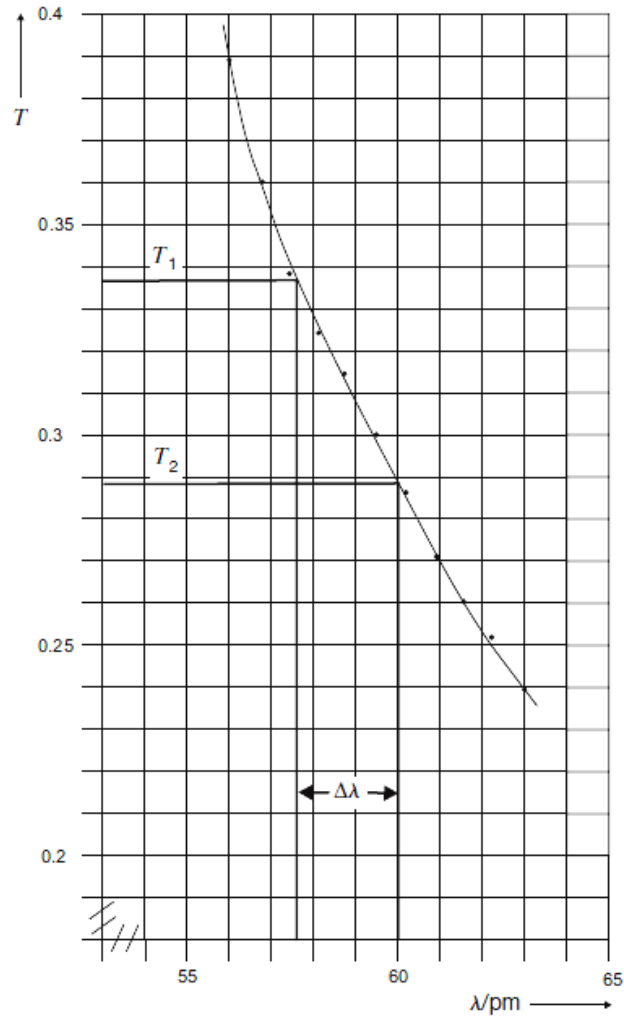
$T_1 > T_2$ olduğu görülebilir. Şekil 12.3'te kaydedilen T değerleri tatmin edici bir sonuç verir, dalga boyu farkı :

$$\Delta\lambda = \lambda_c = (2.5 \pm 0.4) \text{ pm.}$$

Daha küçük saçılma açıları için elde edilen sonuçlar teorik sonuçlarla pek uyuşmasa da, yine de saçılma açısı azaldıkça dalga boyu farkının da azaldığını gösterir.

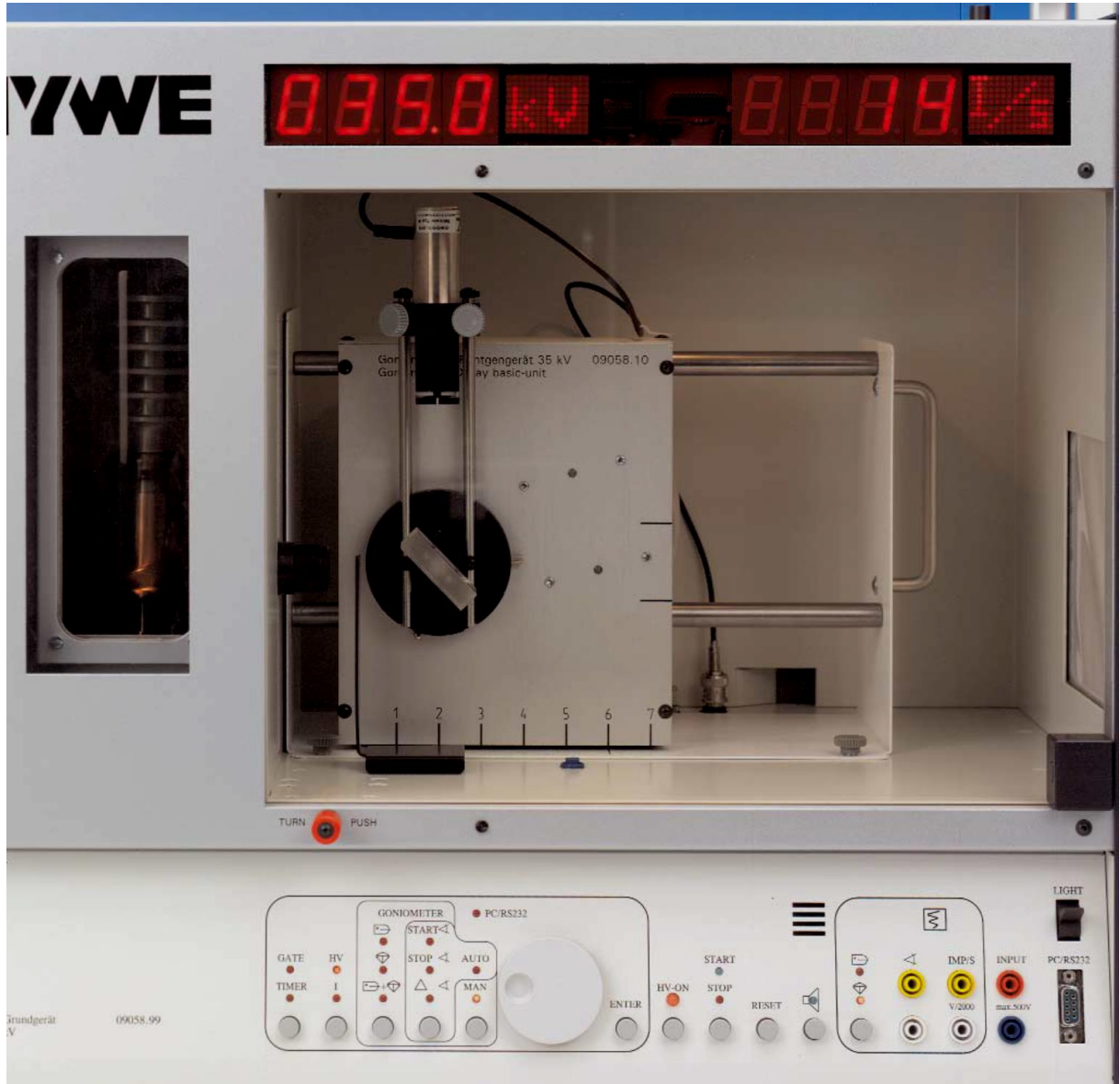


Şekil 12.2: Compton saçılmasında momentum ilişkileri
 (p_1/p_2 = çarpışmadan önce/sonra foton momentumu,
 mv = çarpışmadan sonra elektron momentumu).



Şekil 12.3: Alüminyumun iletim eğrisi

DENEY DÜZENEGİ



Şekil 12.4: 90° Compton saçılması için deney düzeneği

DENEYDE KULLANILACAK MALZEMELER

- Temel X-ışını ünitesi, 35 kV 09058.99
- X-ışını ünitesi için gonyometre, 35 kV 09058.10
- Mo X-ışını tüplü tak-çıkar modül 09058.60
- Sayaç tüpü, tip B 09005.00
- Lityum florür kristal, monte edilmiş 09056.05
- X-ışını ünitesi için Compton ek parçası, 35 kV 09058.04
- Önerilen aksesuarlar:
- Yazılım X-ışını ünitesi, 35 kV 14407.61
- Veri kablosu, 2 x SUB-D, fiş/soket, 9 kutuplu 14602.00
- PC, Windows® 95 veya üzeri

DENEYİN YAPILIŞI:

- Bir alüminyum soğurucunun iletimini, X ışınlarının dalga boyunun bir fonksiyonu olarak Bragg saçılmasıyla belirleyeceğiz ve ölçtüğümüz değerlerin grafiğini çizeceğiz.
- Bir saçıcı kullanarak farklı açılarda saçılan X ışınlarının yoğunluğunu belirleyeceğiz. (Saıcının önüne ve arkasına bir alüminyum soğurucu yerleştirildiğinde oluşan yoğunluk zayıflaması, daha öncekiyle aynı açılar için belirlenecek ve ardından farklı iletim katsayıları hesaplanacaktır.)
- Farklı iletim katsayılarını ve iletim eğrisini, dalga boylarındaki değişiklikleri belirlemek için kullanacağız.
- 90° saçılma için Compton dalga boyunu belirleyerek ve teorik değerle karşılaştırarak yüzde hata hesabı yapacağız.

BÖLÜM A: ALÜMİNYUMUN GEÇİRGENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

1. Cihazın kapağını açıp X-ışını tüpünün çıkış silindrine 2mm'lik diyafram açıklığına sahip tüpü sabitleyin.
2. LiF kristalini gonyometrenin tam ortasındaki yerine yerleştirin. Gonyometre bloğunu sol tarafa yakın pozisyona getirin ve kapağı kapatıp kilitleyin.
3. RS-232 data kablosunun bir ucunu X-ışını ünitesine diğer ucunu bilgisayarın COM çıkışına bağlayın. X-ışını ünitesini ve bilgisayarı çalıştırın.
4. Bilgisayarda masaüstünde ikonunu bulabileceğiniz **measure** programını çalıştırınız.
5. Programdaki menülerden **“Gauge -> X-ray device”** ayarını seçin. Bu aşamadan sonra cihazın kontrolü bilgisayara geçer. Bundan sonraki ayarları bilgisayardan yapın.
6. Programın en üstte ve sol tarafta bulunan menüsünden **“start new measurement”** seçeneğini işaretleyin ve açılan pencerede **“transmission curve”** bölümünü seçin.
7. **“Continue”** tuşuna basın. Ölçümü başlatmak istediğinizde bilgisayar, soğurucunun olmadığından emin olmanız için size uyarı verir. Bu kontrolden sonra ölçümü başlatın. Bu durumda bilgisayar kristali 7,50'den, sayaç tüpünü de 150'den başlatır ve kristal 9,50'ye gelene kadar her 0,10 açı artışında sayaç tüpünü 0,20° döndürür. Her açı artışında 100 saniye boyunca ölçüm alır. Bu işlem 17 dakika kadar devam eder. Bu süre boyunca bilgisayar başında olmalısınız ve tüm ölçümü yakından takip etmelisiniz.
8. Bu süre sonunda bilgisayar X-ışını tüpünü durdurur ve soğurucuyu yerleştirmenizi isteyen bir uyarı verir. Kapağı açıp soğurucuyu kristal ile sayaç tüpünün arasına yerleştirin. (Soğurucunun altındaki çıkıntılar sayaç tüpünü tutan raya tam oturacak şekilde yapılmıştır.)
9. Soğurucuyu kristal ve sayaç tüpünün ortasına yerleştirin ve kapağı kapatarak kilitleyin. Bilgisayara devam etmesi komutunu verin. Böylece bilgisayar tekrar 7,50-150 ayarına dönecek ve yukarıdaki ölçümü tekrarlayacaktır.
10. Bu ölçüm bittikten sonra bilgisayar aynı grafik üzerinde birim zamanda tespit edilen foton

sayılarını hem soğurucusuz (kırmızı) hem soğuruculu (mavi) olarak gösterir. Bunun yanında ikisinin birbirine oranı olan geçirgenliği (transmission) de yeşil renkle gösterir. Ancak aşağıda anlatılacak bazı düzeltmeler gerekebileceğinden dolayı verileri kendinizin işlemesi istenecektir.

Dolayısıyla bilgisayarın aldığı verileri kendiniz bir yere not alın. (Bunun için laboratuvar sorumlusundan yardım isteyin.) Ölçümü bilgisayara bir isimle kaydettikten sonra grafiği kapatın.

Önerilen ayarlar:

- X data : Crystal Angle
- Emission current : 1 mA
- İntegration time : 100 s
- Constant Voltage : 35 kV
- Rotation mode : 2:1 Coupled mode
- Crystal Angle : Starting: 7.50
 - Stopping: 9.50
 - Increment: 0.10
- Setup: Crystal : LiF (100), $d = 201.4$ pm
- Absorber : Al ($Z=27$) $d = 1.44$ mm

BÖLÜM B: COMPTON SAÇILMASININ BELİRLENMESİ

— Kristali çıkarın ve yerine plastik saçıcı takın. Bunu 135° açıyla yerleştirin (bkz. Şekil 12.1).

— $d = 2$ mm açıklığa sahip diyafram tüpünü $d = 5$ mm açıklığa sahip olanla değiştirin. Sayaç tüpünü 90° 'ye çevirin ve darbe hızlarını (foton sayılarını) ölçün:

— Gerekli kesinliği elde etmek için, her ölçüm için 3×100 s'lik bir ölçüm süresi kullanın ve iletim katsayısının hesaplanması için ortalama değeri alın. (Gerekirse, gerçek darbe hızlarını (N^*) elde etmek için ölü zaman ve arka plan radyasyonu hesaba katılmalıdır.)

— **measure** programından daha önce yaptığınız gibi “**new measurement**” seçeneğine tıklayın.

— Bir pencere açılacak ve bu pencerede “**Compton Experiment**” seçeneğine tıklayın. (Ayarları değiştirmeden ölçümü başlatın. Bilgisayar sayaç tüpünü 90° 'e getirir. Bu ölçümün sonuna kadar tüp orada kalır. İlk başta saçıcı olmadan ve soğurucusuz bir ölçüm yapılır. Buna “**arka plan**” **radyasyonu** adı verilir.)

— Ardından bilgisayar soğurucuyu koymadan saçıcıyı yerleştirmeniz istenecektir. Kapağı açın ve saçıcıyı daha önce kristali taktığınız yere yerleştirin. Kapağı kapatıp kilitleyin ve bilgisayara devam etmesi komutunu verin.

— Bu şekilde ölçümlerinizi alıp bitirdikten sonra bilgisayar size soğurucuyu X-ışını çıkışı ile saçıcı arasına yerleştirmenizi isteyecektir (1. konum, şekil 12.1). Kapağı açıp soğurucuyu istenilen yere

yerleştirip kapağı kapatın ve ölçüm almaya devam edin.

— Son olarak bilgisayar sizden soğurucuyu saçıcı ile sayaç tüpü arasına yerleştirmenizi isteyecektir. İlk kısımda yaptığınız gibi soğurucuyu alıp raylara tutturarak saçıcı ile sayaç tüpü arasına yerleştirin (2. konum, Şekil 12.1).

— Bu ölçüm bittikten sonra verilerinizi bir önceki bölümde olduğu gibi kaydedin. Eğer gerekliyse deneyin ikinci bölümünü bir veya iki defa tekrarlayabilir, ölçümlerinizin ortalamasını alarak daha hassas bir ölçüm elde edebilirsiniz (Ölçümünüzü bilgisayara kaydetmeyi unutmayın.).

— Kapağı açıp önce saçıcıyı sonra diyafram tüpünü, son olarak da soğurucuyu çıkararak yerine yerleştirin. Cihazı ve bilgisayarı kapatın.

ÖLÇÜM VE HESAPLAMALARDA KULLANILACAK FORMÜLLER

Her açıya karşılık gelen dalga boyu Bragg saçılması denkleminde hesaplanır:

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

(düzlemler arası mesafe: $d = 201.4 \text{ pm}$)

Ölçülen darbe sayısı N ise, ölçümün bağıl hatası aşağıdaki oran ile bulunur:

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\sqrt{N}}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

Yüksek darbe oranlarında N , sayaç tüpünün ölü zamanı $t \approx 90 \text{ ms}$ olduğundan, gelen tüm fotonlar kaydedilmez. Bu nedenle gerçek darbe oranı N^* şu ilişki aracılığıyla belirlenmelidir:

$$N^* = \frac{N}{1 - \tau N}$$

N_2^* / N_1^* oranlarını hesaplayarak tabloya kaydedin.

Düzeltilmiş darbe oranları ($T = N_2^* / N_1^*$) artık iletim değerlerini dalga boyu λ 'nın bir fonksiyonu olarak hesaplamak ve bunları grafiksel olarak çizmek için kullanılabilir (Şekil 12.3).

Tablo 1. Deneye ait alınan ölçümler ve sonuçlar

Açı	N ₁	N ₁ [*]	N ₂	N ₂ [*]	λ	T=N ₂ [*] / N ₁ [*]
7.5						
7.6						
7.7						
7.8						

Sayaç tübünde sayılan darbe sayısı (foton sayısı) N ise bundaki belirsizlik hesabı:

$$\sqrt{N}$$

ile yapılır. Fakat bizim aldığımız ölçümler foton sayısı/saniye cinsinden olduğu için ve ölçüm süremiz 100 saniye olduğu için önce verimizi 100 ile çarpıp karekökünü aldıktan sonra tekrar 100'e bölmek gerekir.

Not: Ölçümler, saçıcının önüne ve arkasına yerleştirilmiş bir soğurucu ile yapılacaktır, böylece önceden ölçülmüş bir iletim eğrisi kullanılarak, farklı dalga boylarındaki X-ışınlarının değişen yoğunluk zayıflamasından Compton dalga boyu belirlenebilir.

ÖNEMLİ!

Sayaç tüpünü asla daha uzun süre birincil radyasyona maruz bırakmayın.