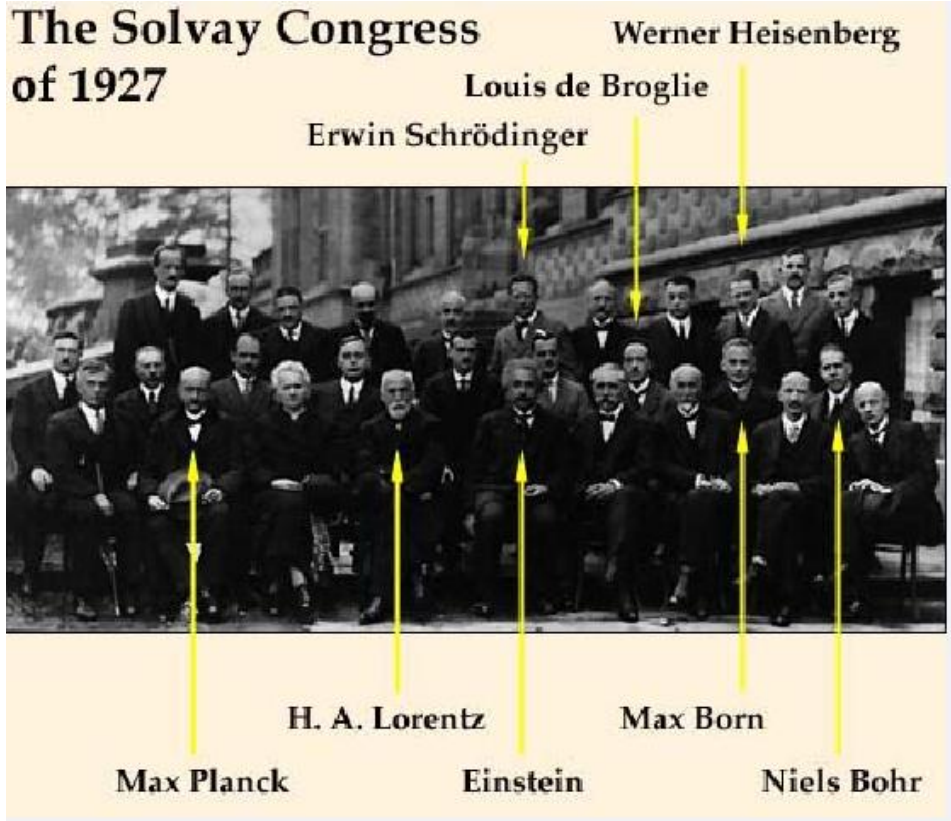




ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ  
DERS NOTU



# KUANTUM FİZİĞİ LABORATUVARI-1



## HAZIRLAYANLAR

Doç .Dr. Faruk KARADAĞ  
Uzm. Emrumiye ARLI  
Arş.Grv. Güvenç AKGÜL  
Arş.Grv. Zeliha Zaimoğlu  
Doktora Öğr. Zeynep BAZ  
Doktora Öğr. Duygu YAZICI

ADANA - 2010

## ÖNSÖZ

Temel bilimlerin deneysel çalışma olmadan gerçeklik kazanması düşünülemez. Fizik öğrenmek, doğayı anlamak, ancak deneyle mümkündür. Fizikteki kuramları test etmenin bir yolu da deney yapmaktır. Deney, ayrıca bilimi geliştiren temel unsurlardan birisidir.

Bundan önceki derslerinizde pek çok laboratuvar çalışması yaptınız. Bu derste bunlara yeni bir tanesini daha ekleyeceksiniz. Kuantum laboratuvarı deney gereçlerinin tamamı yurt dışından ithal edilmektedir. Mekanik deneyleri gibi basit yapıda olmayıp, deney düzeneklerini oluşturmak için yüksek teknoloji gerekmektedir. Bu nedenle deney araç ve gereçlerini özenli kullanmanız, bunları sizden sonra gelecek öğrencilere sağlam bir şekilde devretmeniz büyük önem taşımaktadır.

Dersten yüksek verim almak için bilinçli deney yapmak çok önemlidir. Yapacağınız deney için mutlaka bir ön hazırlık yapınız. Deney konusunu deney saatinden önce ders ve laboratuvar kitabınızdan dikkatlice okuyunuz. Deneyi sadece aletlerle değil, mutlaka akıl ve mantığınızla, düşünerek yapınız.

Deneye önem vermek daha çok ve daha iyi öğrenmek, anlamak demektir. Böylece öğrendikçe fiziği daha çok seveceksiniz.

Adana, Şubat 2010

Prof. Dr. Yüksel **UFUKTEPE**

# İÇİNDEKİLER

<b>DENEY 1.</b>	Atomik Tayf	<b>1</b>
<b>DENEY 2</b>	Yayınım Ve Soğurma	<b>10</b>
<b>DENEY 3</b>	$h$ Plancksabitinin Belirlenmesi	<b>19</b>
<b>DENEY 4</b>	Esnek Olmayan Elektron Çarpışması	<b>24</b>
<b>DENEY 5</b>	De Broglie Hipotezinin Doğrulanması: Elektron Kırınımı	<b>33</b>
<b>DENEY 6</b>	Elektronların Manyetik Alanda Sapması (e/m Tayini)	<b>40</b>
<b>DENEY 7</b>	Fotoelektrik Olay	<b>48</b>
<b>DENEY 8</b>	Isıl Işınım Sistemleri (Stefan-Boltzman Yasası)	<b>53</b>
<b>DENEY 9</b>	Termoelektrik Olay ( $\alpha_T$ 'nin Saptanması)	<b>62</b>

# DENEY 1

## ATOMİK TAYF



## DENEY 1

### Deneyin adı: ATOMİK TAYF

**Deneyin Amacı:** Atomların enerji düzeylerinin ve Rydberg sabitinin, R, belirlenmesi

#### 1.1. TEORİ

Kuantum mekaniğinin en eski başarılarından bir tanesi tek protonlu hidrojen atomunun tayfinin açıklanmasıdır. Atomik hidrojenin tayfında bazı düzenli yapıların olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Atomik yapı ve atomik tayf arasındaki ana ilişki, atomlardaki kesikli enerji seviyelerinin var oluşuyla ortaya çıkar. Bir hidrojen atomu için Bohr Postulalarını yazarsak;

1. Çekirdek etrafında belirli bir yörüngede dolanan elektron kararlı bir durumdadır. Bu yörüngede kaldığı süre içerisinde elektromanyetik ışımaya yapamaz.

2. Elektronun dolanabileceği yörüngeler açısal momentumun kuantize olduğu yörüngelerdir. Açısal momentum L, ancak  $h/2\pi$  sayısının tam katları olabilir. Burada h Planck sabitidir ve değeri  $6.626 \times 10^{-34}$  J.s'dir.

$$L = n \frac{h}{2\pi} = n \cdot \hbar = m_e v r \quad (1.1)$$

Burada,  $n=1, 2, 3, \dots$  tam sayı değerlerini alır. Elektron ancak, enerjisi  $E_i$  olan bir ilk kararlı durumdan enerjisi  $E_f$  olan bir son duruma geçiş yaptığında frekansı,  $\nu \equiv \Delta E/h$  olan bir foton yayınlar veya soğurur.

$$E_i - E_f = h \cdot \nu \quad (1.2)$$

Eğer  $E_i > E_f$  ise enerji ışınması olmuştur.  $E_f > E_i$  ise atom enerji soğurmuştur denir. Her iki durumda da foton enerjisi, atomik yörünge enerjilerinin farkına eşit olmalıdır.

Elektron ve proton arasındaki çekim kuvveti, Coulomb kuvveti olup merkezci bir kuvvettir Bu nedenle,

$$F_m = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{(Ze)e}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (1.3)$$

yazılabilir. (1.1) denkleminde r 'yi çekerek

$$r = \frac{n\hbar}{mv} \quad (1.4)$$

elde edilir. Bunu (1.3) denkleminde yerine koyarsak,

$$\frac{Ze^2}{4\pi \epsilon_0} \frac{1}{n \hbar} = v \quad (1.5)$$

eşitliği elde edilir. Bunu (1.4) denkleminde yerleştirirsek,

$$r = \frac{n^2 4\pi \epsilon_0 \hbar^2}{Z e^2 m} \quad (1.6)$$

eşitliği elde edilir. (1.5) denklemini kinetik enerji denkleminde yerine yazarsak,

$$T = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{Z^2 e^4}{(4\pi \epsilon_0)^2} \frac{m}{n^2 \hbar^2} \quad (1.7)$$

bulunur. Potansiyel enerji ise

$$V = -\frac{(Ze)e}{4\pi \epsilon_0 r} = -\frac{Z^2 e^4}{2(4\pi \epsilon_0)^2} \frac{m}{n^2 \hbar^2} = -2T \quad (1.8)$$

eşitliği ile verilir. (1.7) ve (1.8) eşitliğinden toplam enerji yazılırsa  $Z=1$  için

$$E = T + V = -\frac{Z^2 e^4 m}{2(4\pi \epsilon_0)^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} = -13.6/n^2 \text{ eV} \quad (1.9)$$

elde edilir. Eşitlik (1.9)'da  $n = 1$  e karşılık gelen en düşük enerjili duruma taban durumu adı verilir. Eşitlik (1.9)'u kullanarak iki enerji seviyesi arasındaki enerji farkı,

$$\Delta E_{if} = E_i - E_f = \frac{Z^2 e^4 m}{2(4\pi \epsilon_0)^2 \hbar^2} \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right] \quad (1.10)$$

olarak bulunur. Eşitlik (1.2)'den  $E_i > E_f$  için yayımlanan ışımının frekansı

$$\nu = \frac{E_i - E_f}{h} = \frac{Z^2 e^4 m 4\pi^2}{2(4\pi \epsilon_0)^2 h^3} \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right] \quad (1.11)$$

elde edilir. Bu denklemini spektroskopik verilerle karşılaştırmak için frekans yerine dalga sayısını ( $\sigma = 1/\lambda$ ,  $cm^{-1}$ ) yazmak daha uygundur.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = \frac{Z^2 m e^4 (2\pi)^2}{2(4\pi \epsilon_0)^2 h^3 c} \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right] = R \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right]$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right] \quad (1.12)$$

bulunur. Burada  $R = \frac{Z^2 m e^4 (2\pi)^2}{2(4\pi\epsilon_0)^2 h^3 c} = \frac{Z^2 m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$  Rydberg sabiti adını alır. Burada;

Z : atom numarası                      e : elektronun yükü                      c : ışık hızı  
 $\epsilon_0$  : ortamın geçirgenliği                      m : elektronun kütlesi

olarak ifade edilir.

Hidrojen atomu (Z=1) için Rydberg sabitinin değeri  $R_H = 10968 \text{ cm}^{-1} = 1.0968 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  'dir.

Tayfsal çizgiler  $n_i$  tam sayı değerli çizgi setleri ile ifade edilen seriler ile sınıflandırılır. Atomik hidrojen tayfının değişik serileri Tablo 1.1'de ve bu geçişler Şekil 1.1'de verilmiştir.

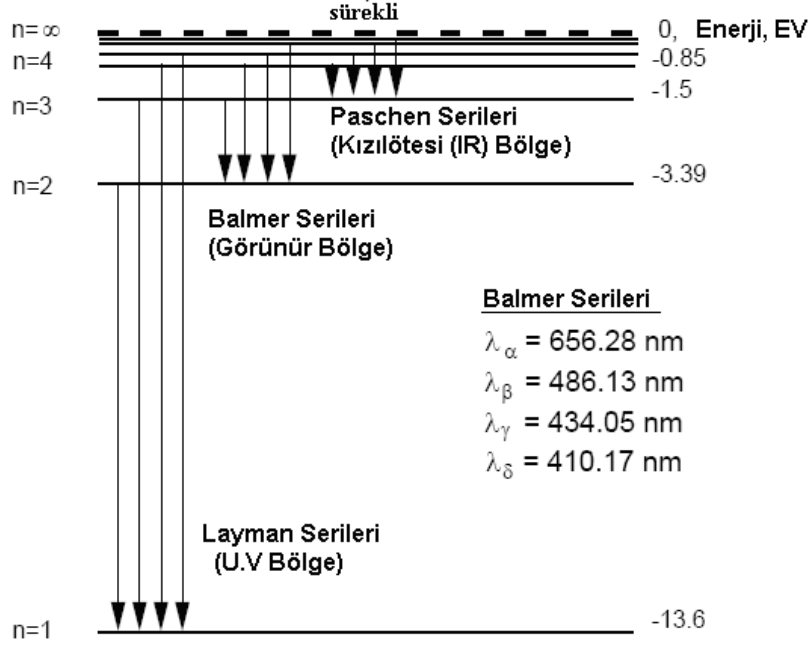
Tablo 1.1: Hidrojen atomu için enerji düzey diyagramı

Serilerin İsimleri	Dalgaboyu Aralığı	Seri İfadeleri
Lyman	Ultraviolet (Mor ötesi)	$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n_j^2} \right], \quad n \geq 2$
Balmer	Yakın UV ve Görünür	$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_j^2} \right], \quad n \geq 3$
Paschen	Kızılötesi (IR)	$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n_j^2} \right], \quad n \geq 4$
Brackett	Kızılötesi	$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n_j^2} \right], \quad n \geq 5$
Pfund	Kızılötesi	$\frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n_j^2} \right], \quad n \geq 6$

En basit atom hidrojen olduğundan, doğal olarak atomik hidrojen tayfı ilk incelenen tayf oldu. Balmer (1885) görünür bölgede hidrojen atomunun dalga boyları için kendi adıyla anılan aşağıdaki formüle uyduğunu gösterdi.

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left[ \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right], \quad n = 3,4,5,\dots \quad (1.13)$$

Hidrojen tayfındaki görünür çizgiler şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1.1’den görüldüğü gibi hidrojen atomunun görünür bölgesine karşılık gelen Balmer serilerindeki geçişlerde  $n = 3 \rightarrow n = 2$  geçişi hidrojen alfa ( $H\alpha$ ) dalga boyuna (kırmızı),  $n = 4 \rightarrow n = 2$  geçişi  $H\beta$  dalga boyu (mavi-yeşil),  $n = 5 \rightarrow n = 2$  geçişi  $H\gamma$  dalga boyu (mavi) ve  $n = 5 \rightarrow n = 2$  geçişi  $H\delta$  dalga boyuna (mor) karşılık gelmektedir.



Şekil 1.1: Hidrojen Atomunun Enerji Düzey Diyagramı

Bu deneyde, tayfölcere yerleştirilmiş olan bir kırınım ağı kullanılarak atomik tayf incelenecektir. Kırınım ağının çizgi aralığını ( $d$ ) ölçmek için sodyumdaki atomik geçiş kullanılacaktır. Daha sonra bu değer kullanılarak görünür bölgedeki atomik hidrojenin tayfı incelenecek ve  $R_H$  sabiti belirlenecek.

### 1.1.1. Spektrometre (Tayfölçer)

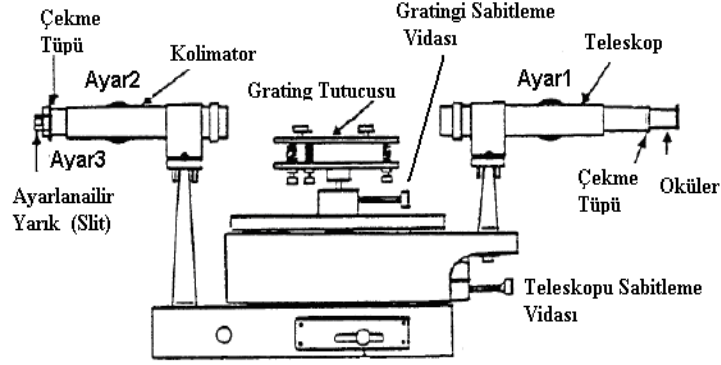
Tayfölcenin optik çizimi Şekil 1.2(b) ‘de verilmiştir. Tayfölçer kollimatör, kırınım ağı ve teleskop olmak üzere üç temel parçadan oluşmaktadır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Kolimatör, yarık (slit) yakınına yerleştirilmiş bir ışık kaynağından çıkan ışınları paralel ışınlar oluşturmak için kullanılır. Kolimatör bir ana tüpten ibarettir. Tüpün bir ucunda gelen ışığın şiddetini artırıp azaltmak için kullanılan bir slit ve diğer ucunda ise slitten gelen ışığı paralel hale getirmek için kullanılan ince kenarlı merceğe sahip olan çekme tüpü vardır. Yarığı merceğin odak düzlemine yerleştirmek için bağlantı tüpü ana tüp içine ya da dışına doğru hareket edebilir.

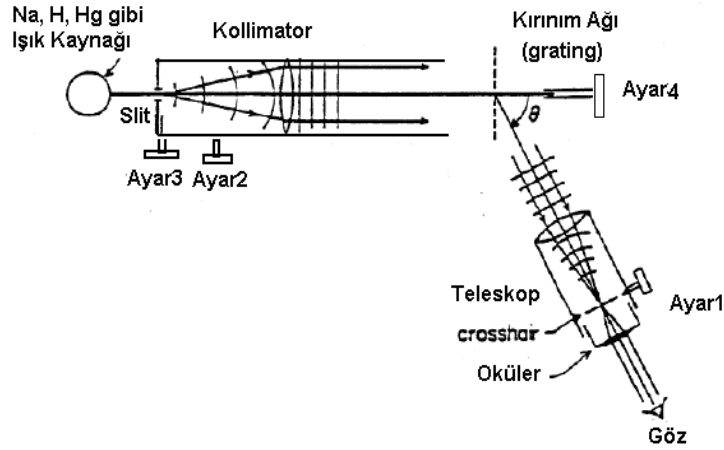
Kolimatörden çıkan paralel ışık kırınım ağına gelir. Kırınım ağına giren ışınım gelen ışığın dalga boylarının karakteristiği olan açılarda keskin, maksimum girişimler oluşturur ve tayflarına ayrılır. Bir kırınım ağı çok sayıda eşit aralıklı çizgiler çizilmiş bir selüloit



yapraktan oluşmuş ve seluloit cam levhalara sıkıştırılmıştır. Paralel gelen bir ışık hüzmesi böyle bir ağ üzerine düşürüldüğünde,



Şekil 1.2.(a) Spektrometrenin yandan görünüşü



Şekil 1.2.(b) Optik diyagramı

$$d \sin \theta = m\lambda \quad (1.14)$$

bağıntısını sağlayan  $\theta$  açılarında kırınıma uğrayan ışınlar yapıcı girişim saçakları oluştururlar. Burada;

$d$  :ardışık çizgiler arasındaki mesafe

$\lambda$  : düşen ışığın dalga boyu

$m$  :mertebe numarası ( $m=1,2,3,\dots$ )

Bağıntıda verilen  $m$  bir tam sayı olup tayfin mertebe numarası (order number) olarak adlandırılır ve tayfin kaçınıcı mertebede olduğunu gösterir. Bu denklemin çıkarılışı pek çok temel fizik kitaplarında bulunabilir. Kırınım ağı sağa sola dönebilen ve dikey olarak ayarlanabilen bir konuma sahip optik bir raf ile desteklenmektedir. Kırınım ağının hemen altında kilitleme vidası vardır. Kırınım ağı döndürüleceği zaman gevşetilmelidir ve gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra tekrar kilitlemelidir. Kırınım ağının yüzeyi oldukça hassas

olduğundan bu yüzeye dokunmadan kenarlarından tutulmalıdır. Ölçüm yapmaya başlamadan önce kolimatör ve kırınım ağının ayarlanmasının tam olduğundan emin olunmalı ve sabitleme vidaları ile sabitledikten sonra bir daha bu ayarlara dokunulmamalıdır.

Kırınım ağından tayflarına ayrılarak kırılan paralel ışınlar teleskopa gelir. Teleskopun bir ucunda tayflarına ayrılan ışın demetini tekrar odaklamak için kullanılan ince kenarlı bir odaklama merceği vardır. Teleskopun diğer ucunda odaklanabilir bir birine dik iki çizgiye sahip göz camı (oküler) ile çekme tüpü bulunur. Çekme tüpü ışığı sonsuza odaklayabilmek için ana tüp içinde ileri geri hareket ettirilebilir. Teleskopu tam olarak gözlem yapılabilecek pozisyona getirmek için ince bir ayar vidası vardır. Gözlemci kırınım açısını ölçmek için teleskopun merkezinde bir birine dik iki çizgiden birisiyle teleskopun oküleri ve objektifinin oluşturduğu görüntüyü bir hizaya getirir. Ayrıca, teleskop sağa sola doğru da hareket edebilmektedir. Teleskop altında bir adet sıkma vidası ve yan tarafında da bir ince ayar vidası vardır. Bu vidalar sadece teleskopu kilitleme işlevi görürler.

## 1.2. Deneyin Yapılışı

Deney üç aşamada yapılacaktır.

- Başlangıçta kırınım ağı kalibre edilecek ve buradan “d” kırınım ağı aralığı saptanacak.
- Daha sonra hidrojen lambası kullanılarak hidrojenin tayflarının dalga boyları belirlenerek Rydberg sabiti hesaplanacak
- En sonunda da civa lambasının tayfları belirlenecektir.

### 1.2.1. Deneyde kullanılan cihaz ve malzemeler

1. Görünür bölgedeki tüm tayfları içeren beyaz ışık kaynağı
2. H, Na, Hg v.s. tayfsal lambalar
3. Güç kaynağı (spektral lambalar için)
4. Optik Spektrometre
5. Kırınım aralığı (grating aralığı, 600 çizgi/mm)
6. Siyah bez (1mx1m).

### 1.2.2. Deney düzeneğinin kurulması ve Spektrometrenin Ayarlanması

Hidrojen ve civanın tayflarını ölçmek için başlangıçta spektrometrenin optik ekseninin düzgün olarak ayarlanması gerekmektedir. Bunun için ışık kaynağı olarak beyaz kullanılabilir.

Gerekli optik ayarları yapmak için kırınım ağı yuvasından dikkatlice çıkartarak güvenli bir yere koyunuz.

İlk önce teleskopun odak noktasını ayarlamak için teleskopu uzaktaki bir cisme çeviriniz. Bu, karşı duvardaki bir cisim ya da pencereden dışarıdaki bir cisim olabilir. Bu şekilde ışığın yaklaşık olarak teleskopa paralel gelmesini sağlamış olursunuz. “Ayar1” vidası ile bu cismin görüntüsünü teleskopta net olarak gözleyiniz. Hassas ayarı yaptıktan sonra bu ayara bir daha dokunmayınız.

Kolimatörün odağını ayarlamak için slitin (yarık) arkasına beyaz ışık kaynağını yerleştiriniz. Kolimatörün en dış tarafındaki “Ayar3” vidasını yavaş yavaş döndürerek yarığın genişliğini ayarlamaya çalışın. slit görüntüsü incelendiğinde hassas çalışmanız daha kolay olduğundan yarık görüntüsünü mümkün olduğunca daraltarak yarığı yaklaşık 0.5 mm’ye getiriniz.

Teleskop ile kolimatörden yarığa bakınız. Büyük olasılıkla kolimatörün odağı bozuk olacak ve böylece yarığın görüntüsünü puslu (sönük) göreceksiniz. Bozukluğu düzeltmek için, “Ayar2” vidasını kullanarak yarık görüntüsünü net olarak teleskoptan gözleyinceye kadar ayarlayın. Not, bu işlemi yaparken önceden ayarlamış olduğunuz teleskop odağını kesinlikle değiştirmeyiniz.

Slit görüntüsünü teleskopta net olarak gördükten sonra Kırınım ağını yuvasına dikkatlice yerleştiriniz. Teleskoptan tekrar slit arkasındaki beyaz ışığa bakınız. Teleskopu sağa sola çevirerek yarığın beyaz ışık görüntüsünü teleskopta gözleyiniz. Gözlediğiniz yarığın beyaz görüntüsünü okülerdeki düşey çizgi ile karşılaştırınız. Bu  $m=0$ . mertebedeki beyaz ışığın görüntüsüdür. Yani kolimatörden gelen ışığın kırılmamış yani tayflarına ayrılmamış halidir.

Daha sonra kırınım ağından kırılarak tayflarına ayrılan ışınları  $m= 1$  mertebedeki tayflarını gözlemeniz için teleskopu sağa doğru dikkatlice hareket ettiriniz. Görünür bölgedeki mor ışığın frekansının en yüksek olduğunda kırınım ağında daha fazla kırınım maruz kalacaktır.

Daha sonra yüksek frekanstan düşük frekansa doğru mavi, yeşil, sarı ve kırmızının tonları kırılacaktır. Bu nedenle  $m= 1$ . mertebeye vardığınızda ilk önce mor ve en sonunda kırmızı çizgileri gözleyeceksiniz.

Şimdi teleskopu tekrar  $m= 0$ . duruma yani beyaz ışığın görüldüğü noktaya getiriniz. Aynı şekilde beyaz ışığın  $m= -1$ . mertebesindeki çizgilerini gözlemek için teleskopu sola doğru dikkatlice hareket ettiriniz.  $m=1$ . mertebede tayflarına ayrılarak kırılan ışığın çizgilerini gözleyiniz. Sonuç olarak, teleskopun ve kolimatörün odakları düzgün olarak ayarlandığında beyaz ışığın kırınım ağına gelerek normal tayflarına ayrıldığını gözlemiş olunuz.

### 1.2.3. Kırınım Ağının kalibrasyonu:

Kalibrasyon için ışık kaynağı olarak tayfında sadece iki parlak sarı çizgisi (D1 ve D2 çizgileri) bulunan sodyum lambası kullanılacaktır. Dalga boyu  $\lambda_1=589.0 \text{ nm}$  ve  $\lambda_2=589.60 \text{ nm}$  olan bu iki çizgi bir birine çok yakın olduklarından iki çizginin ortalaması olan  $\lambda_{ort}=589.3 \text{ nm}$  değer kullanılarak tek bir değer olarak kabul ediniz.

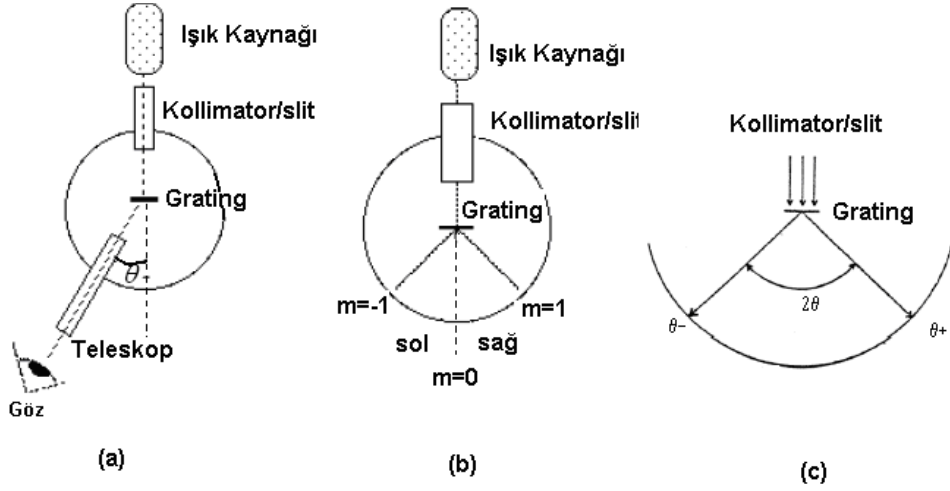
Sodyum lambasını yarığın tam ortasına yerleştiriniz ve lambayı açınız. Lambanın 1-2 dakika ısınmasını bekleyiniz. Böylece lamba daha parlak ışık yaymaya başlayacaktır. Işığın kolimatöre düzgün girip girmediğini kontrol ediniz. Teleskopu yarığın görüntüsünü kolimatör içinde doğrudan görülebilecek şekilde döndürünüz.

Sodyum çizgileri birbirine oldukça yakın olduğundan bu iki çizginin slitteki görüntüsünün ortasını okülerin düşey konumdaki çizgisi ile hassas olarak karşılaştırmak için teleskopu hareket ettiriniz.

Böylece Şekil 1.3b’de görüldüğü gibi yarık görüntüsünün merkezi bandını ( $m=0$ , sıfıncı mertebe) gözleyiniz ve yarık görüntüsünü kolaylıkla görülebilecek şekilde ayarlayınız.

Çizgi hassas olarak çakıştırdıktan sonra teleskopun sıkıştırma vidasını kullanarak teleskopu kilitleyiniz.

Vernier skalasından açıyı okuyarak kaydediniz. Bu  $m=0$ , mertebedeki açıdır. Vernier skalasının nasıl okunduğunu anlamak için iki farklı örnek Şekil 1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.3: Kırınım ağına gelen ve belirli mertebelerde tayflarına ayrılan ışık hüzmesi

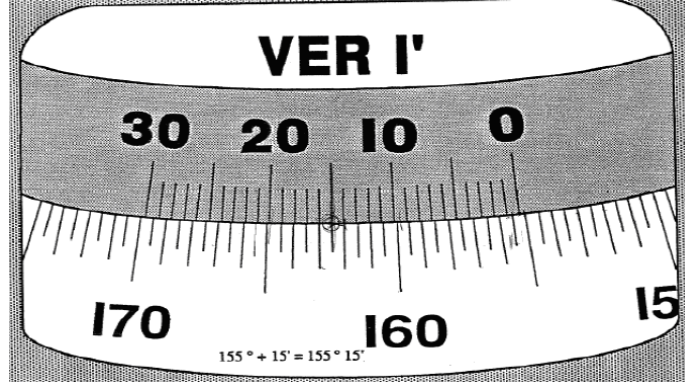
Şimdi teleskopu sağ tarafa doğru yavaş yavaş hareket ettirerek yarık görüntüsünün birinci mertebesindeki ( $m=1$ ) çizgisini gözleyiniz (Şekil 1.3b). Bu çizgiyi hassas olarak düşey eksenle çakıştırınız ve teleskopu sıkıştırma vidası ile sıkıştırınız. Vernier skalasından " $\theta_+$ " açı değerini okuyarak kaydediniz. (Şekil 1.3c)

Vidayı gevşetiniz ve aynı şekilde sol taraftaki birinci mertebesindeki ( $m=-1$ ) sodyum çizgisini görünceye kadar teleskopu sola doğru hareket ettiriniz. Hassas ayarı yaptıktan sonra teleskopu kilitleyiniz ve Vernier skalasından " $\theta_-$ " açısını okuyarak kaydediniz (Şekil 1.3c).

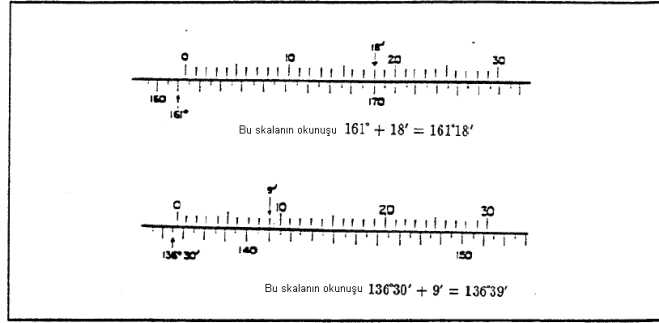
Eşitlik (1.14), "d" kırınım ağı aralığını hesaplamak için deneyde doğrudan kullanılmaz. Çünkü kırınım ağını ışık ışınına dikey olarak doğrultmak zordur. Eğer kırınım ağı doğru olarak yerleştirilmezse sağ tarafındaki kırınımın  $\theta_+$  açısı ile sol tarafındaki  $\theta_-$  açıları bir birinden farklı olur (Şekil 3c). Bundan dolayı, bu açılar arasındaki farkın yarısı eşitlik (1.14) 'de kullanılırsa yanlış yerleştirme hataları yok edilebilir. Böylece, eşitlik 14 tekrar bu açılar için düzenlendiğinde,

$$d \sin\left(\frac{\theta_+ - \theta_-}{2}\right) = m\lambda \quad (1.15)$$

olur.



(a)



(b)

Şekil 1.4: Vernier Skalası ve değerin okunması

### 1.3. Sonuç ve Rapor: ATOMİK TAYF

**Adı Soyadı:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

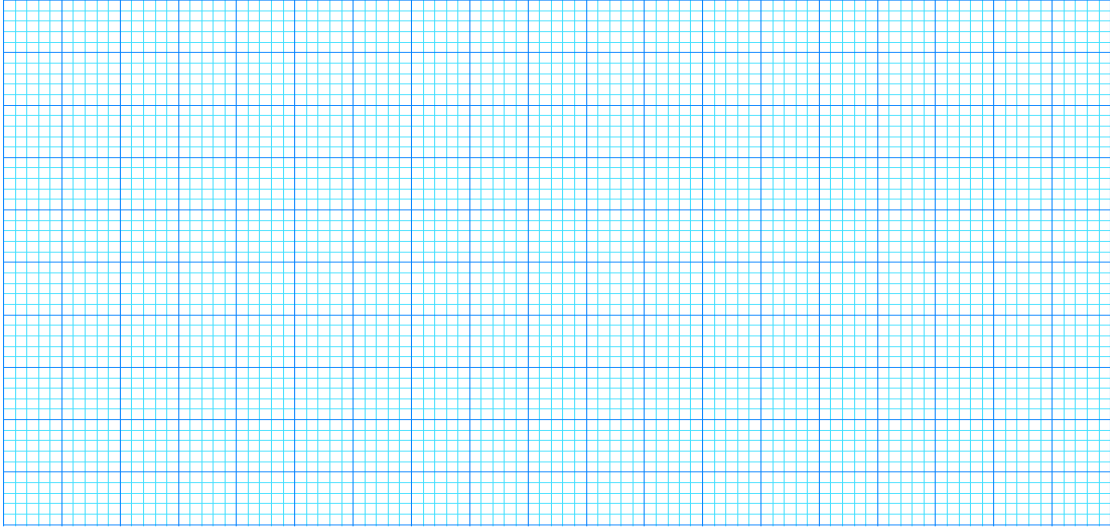
**Tarih:** .....

- I. Tayföçerin kalibrasyonu için kullanmış olduğunuz sodyum lambası için  $m=1$  için ölçmüş olduğunuz  $\theta_+$  ve  $\theta_-$  açılarını (1.15) eşitliğinde yerine yazınız. Sodyum D1 ve D2 çizgilerinin ortalaması için hesapladığınız  $\lambda_{ort}=589.3 \text{ nm}$ 'lik ortalama dalga boyu değerini kullanarak eşitlikten “d” değerini bulunuz. Bulduğunuz “d” değerinin tersini alarak kırınım ağı aralığını bulunuz.  
[Bu deneyde kullandığınız kırınım ağı için “d” aralığı 600 çizgi/mm'dir.]
- II. Eşitlik (1.15)'ten bulduğunuz değer ile bu değeri karşılaştırınız ve yüzde hata hesabı yapınız.
- III. Bulduğunuz “d” kırınım ağı aralığını ve  $m=1$ 'deki hidrojen tayfındaki görünür çizgilerin her biri için ölçmüş olduğunuz açı değerlerini eşitlik (1.14)'te yerine yazarak her çizgi için dalga boyu değerini belirleyiniz. Bulduğunuz dalga boyu değerlerini Şekil 1.1'de verilen dalga boyu değerleri ile karşılaştırarak yüzde hata hesabı yapınız.
- IV. Ölçtüğünüz dalga boyu değerlerini eşitlik (1.13)'te yerine yazarak ve Balmer serileri için  $n=3,4,5,6$  değerlerini kullanarak  $\left[ \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right]$ 'ya karşılık gelen  $\frac{1}{\lambda}$  grafiğini grafik kağıdına çizin ve grafiğin eğimini kullanarak  $R_H$  Rydberg sabitini belirleyiniz. Bulduğunuz değeri kabul edilen  $R_H=109678 \text{ cm}^{-1}$  değeri ile karşılaştırarak yüzde hata hesabı yapınız.
- V. Cıva çizgileri için ölçtüğünüz açıları kullanarak cıva çizgilerinin dalga boylarını belirleyiniz. Bu değerleri kullanarak gerçek değerleriyle karşılaştırınız ve yüzde hata hesabı yapınız.

#### Hesaplamalar :

**Hesaplamalar :**

**Grafik:** Balmer serileri için  $\frac{1}{\lambda}$  grafiği ve  $R_H$  Rydberg sabiti



➤ **Hidrojen Tayfı**

Atomik hidrojen için Balmer serilerini hassas olarak ölçünüz.

1. Sodyum lambası ile hidrojen lambasını yer değiştiriniz. Hidrojen lambasını mümkün olduğunca yarığa yaklaştırınız.
2. Teleskoptan bakarak 0. mertebe ( $m=0$ ) için, maksimum ışık elde edecek şekilde kaynağın konumunu ayarlayınız. Şekil 1.3(b)
3. Teleskopu sağa doğru yavaş yavaş hareket ettirerek  $m=1$ 'deki hidrojen tayfındaki görünür çizgilerin her biri için Vernier skalasından her renge karşılık gelen açıları okuyarak Tablo 1.1'e kaydediniz. Girişimin hem sağ yönde ( $m=1$ ) hem de sol yönde ( $m=-1$ ) ölçülmesinin önemli olduğunu unutmayınız.

➤ **Cıva Tayfı**

Hidrojen lambasını kaldırarak yerine cıva (Hg) lambasını yerleştiriniz. Girişimin  $m=1$  ve  $m=-1$  mertebelerinde cıvanın üç çizgisi için  $\theta$  açılarını Tablo 1.2 'ye kaydediniz.

Teleskoptan gördüğünüz renkleri açı değerleriyle aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Renk	Açı ( $\theta$ )

**Tablo 1.1** Hidrojen tayfi için

Teleskoptan gördüğünüz renkleri açı değerleriyle aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Renk	Açı ( $\theta$ )

**Tablo 1.2** Civa tayfi için



## SORULAR

**1.Soru:** Taban (yer) durumu nedir?

**Cevap:**

**2.Soru:** Bir kuantum-mekaniksel sistem tanımlayınız ve sistemin çeşitli durumları arasında olan geçişlerde hangi korunum kanunları geçerlidir?

**Cevap:**

**3.Soru:** Optik spektroskop neye yarar?

**Cevap:**

**4.Soru:** 600 lines/mm (kırınım ağının üzerinde yazan) ne demektir?

**Cevap:**

**5.Soru:** Atomik tayf (yayınım) deneyinde ışık veren spektral lamba ısıtılırsa nasıl bir etki gözlenir?

**Cevap:**

**6.Soru:** Bilinmeyen bir maddenin çıkardığı ışıktan o maddenin cinsi saptanabilir mi? Açıklayınız.

**Cevap:**

**7.Soru:** Deneyde sodyum lambasını ne amaçla kullanmaktayız? Kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**8.Soru:** Hidrojen atomunda  $n = 2 \rightarrow n = 1$  geçişinde dalga boyunu hesaplamak için Rydber sabitini kullanınız. Bu çizgi neden kırınım ağı ile gözlenememektedir? Kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**Sonuç Ve Yorum:**

# DENEY 2

## YAYINIM VE SOĞURMA



**DENEY 2****YAYINIM VE SOĞURMA****DENEYİN AMACI**

Bazı spektral lambaların (Na, Hg, Cd ve H) yayınım ve soğurma tayflarının incelenmesi.

**2.1. TEORİ**

Her elementin belirgin bir tayf çizgisi vardır. Tayf çizgilerinin varlığı, atomların klasik fizikle açıklanamayan bir özelliğidir.

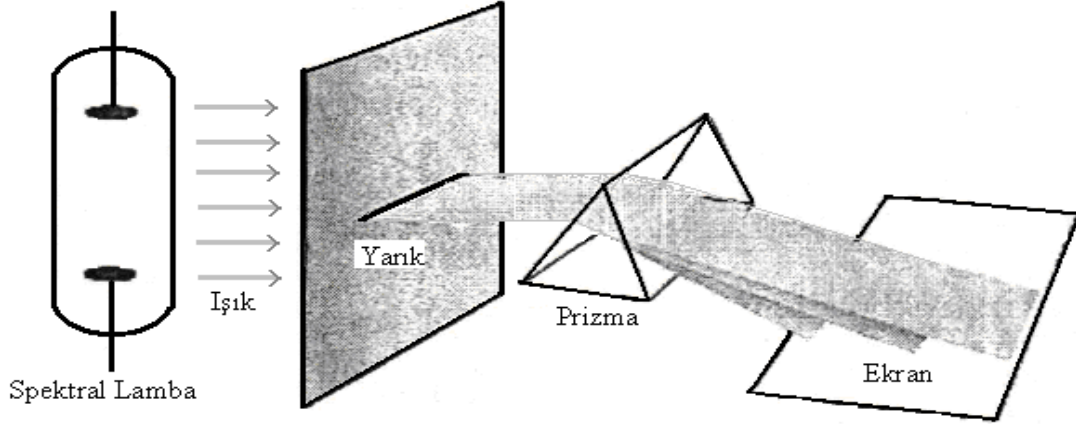
Yoğun madde (katılar ve sıvılar) bütün sıcaklıklarda, değişik şiddetlerde olmakla birlikte, tüm dalga boylarını içeren EM ışınım yayımlar. Bu ışınımın, Planck tarafından gözlenen özellikleri, ışınım yapan malzemenin doğasına atf yapılmadan açıklanmıştır. Bundan, belirli bir elementin atomlarının belirgin bir davranışını değil, pek çok sayıda etkileşen atomun toplu bir davranışını izlediğimiz sonucunu çıkarabiliriz (Kara cisim ışınması).

Eğer bir atom veya atomik iyon kabuğundaki bir elektron, uyarılmış  $E_2$  enerjili bir durumdan daha düşük  $E_1$  enerjili bir duruma düşerse,  $\nu$  frekansında bir foton yayımlar.

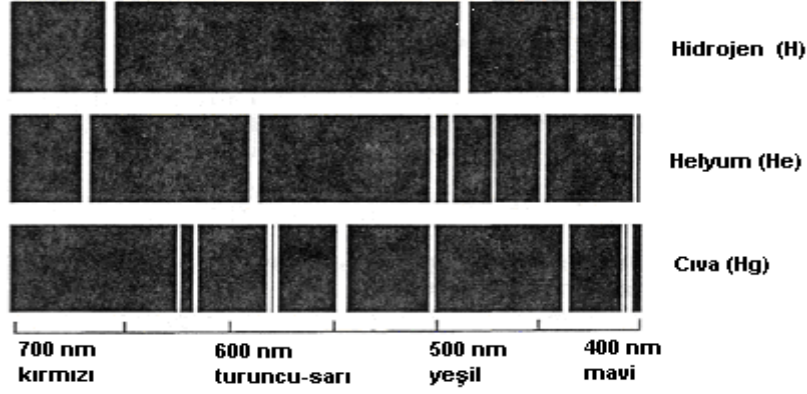
$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h} \quad (2.1)$$

Burada,  $h$  Planck sabitidir. Aksi durumda ise aynı frekanslı bir foton soğurulur. Lambanın içinde, seyreltilmiş bir gazın atomları ve molekülleri, ortalama olarak, birbirinden o kadar uzaktır ki, sadece arada bir gerçekleşen çarpışmalar sırasında etkileşirler. Bu şartlar altında, yayımlanacak her ışınımın mevcut belli atom veya moleküllerin özelliklerini yansıtmamasını bekleriz; durum gerçekten de böyledir. Açık hava basıncından ( $\cong 1$  atm) biraz daha düşük basınçtaki bir gaz veya buhar uygun bir biçimde ve genellikle içinden bir elektrik akımı geçirerek uyarıldığında yayımlanan ışınımın tayfında sadece belirli dalga boyları bulunur. Bu gibi, atom tayflarının gözlenebileceği idealleştirilmiş bir düzenek Şekil 2.1' de gösterilmiştir. Buradaki prizma yerine gerçek tayfölçerlerde kırınım ağları kullanılmaktadır. Şekil 2.2' de değişik elementlerden yayımlanan çizgi tayflarını göstermektedir. Her elementin, buhar fazındaki bir örneği uyarıldığında, kendine özgü bir çizgi tayfı verir. Bu sebeple, tayf ölçme, bilinmeyen bir maddenin bileşimini gözlemlemek için yararlı bir araçtır.

Uyarılmış hidrojen atomu tarafından yayımlanan ışınımın frekansının ölçümü ya kırınım ağı veya prizmalar aracılığıyla yapılır. Prizma spektrometreleri bazı dalga boyları için yetersizdir. Örneğin, kızılötesi bölgede özel florit veya Sodyum-florit prizmalar ve mercekleri kullanılır. Morötesi bölgede ise kuartz kullanılır. Bu laboratuvar da kırınım ağı kullanılacaktır.



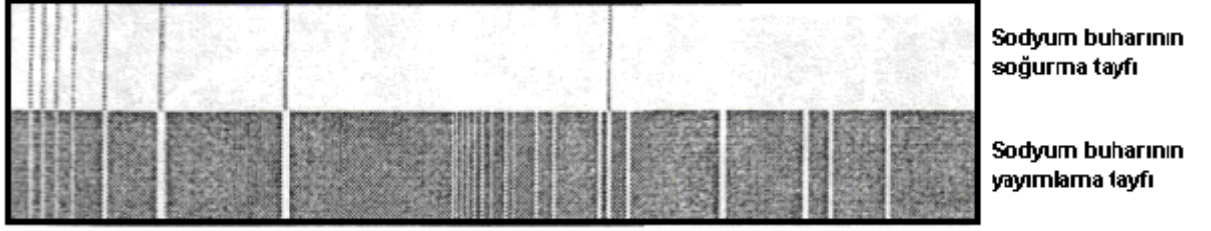
Şekil 2.1. İdealleştirilmiş bir tayföçer.



Şekil 2.2. Hidrojen, helyum ve cıvanın yayımlama tayflarındaki başlıca çizgilerden bazıları.

Beyaz ışık bir gazdan geçirildiğinde, gazın yayımlama tayfında bulunan belirli dalga boylarında ki ışığın soğurulduğu gözlenir. Sonuçta ortaya çıkan soğurma çizgi tayfi, aydınlık bir fon üzerinde, kayıp dalga boylarına karşılık gelen karanlık çizgilerden oluşur (yayımlama tayfında ise, karanlık bir fon üstünde parlak çizgiler bulunur). Güneş ışığının tayfında karanlık çizgiler vardır, çünkü güneşin hemen hemen 5800 °K sıcaklığındaki bir kara cisim gibi ışımaya yapan aydınlık kısmı daha soğuk bir gazla çevrilmiş olup bu sadece belirli dalga boylarındaki ışığı soğurur. Pek çok diğer yıldızın tayfları da böyledir.

Bir elementin tayfındaki çizgilerin sayısı, yeğlilik ve kesin dalga boyları sıcaklığa basınca elektrik ve manyetik alanların varlığına ve kaynağın hareketine bağlıdır (Şekil 2.3). Tayfi inceleyerek sadece, bir ışık kaynağında hangi elementlerin bulunduğu değil, aynı zamanda onların fiziksel durumları hakkında da pek çok şey söylemek mümkündür. Örneğin, araştırmacılar, bir yıldızın tayfindan, atmosferinde hangi kimyasal elementlerin bulunduğunu, bunların iyonlaşmış olup olmadıklarını ve yıldızın dünyaya doğru mu yoksa ters yönde mi hareket ettiğini bulabilirler.



**Şekil 2.3** Bir elementin yayımlama tayfındaki aydınlık çizgilere karşılık gelen soğurma tayfındaki karanlık çizgiler.

## 2.2.DENEY

### 2.2.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler

- He, Na, Hg ve Cd v.s. tayfsal lamba
- Güç kaynağı
- Beyaz ekran
- Kırınım aralığı (grating aralığı, 600 çizgi/mm)
- Ayaklı Lensler
- Siyah bez (1mx1m).

### 2.2.2. Deney Düzeneği

Spektrum lambaları, AC akım ile çalıştırılan gaz boşalmalı lambalardır. Bu lambalar bir metal buharı, veya soy gazla her biri farklı yüksek spektral saflıkta ve yüksek ışık şiddetinde spektral çizgiler yayımlarlar.

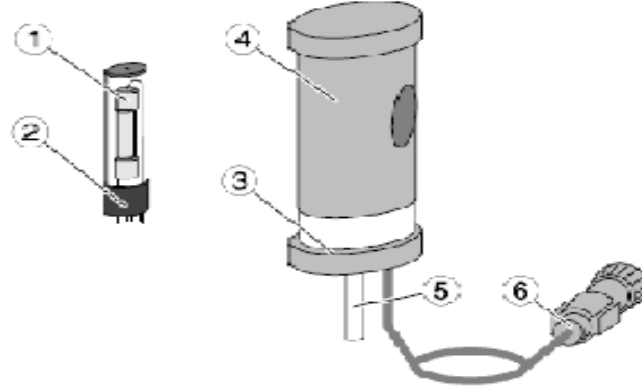
Spektrum lambaları kendilerine has özel bir muhafaza içinde kurulurlar. Gücün tam olarak lambanın çalıştırılmasında gerekli akımı sağlayabilmesi için muhafazanın güç kablosu spektral lambalar için tasarlanmış güç kaynağına takılır.

### 2.2.3. Deneyde Yapılması Hedeflenenler

- Dalga boyu belirlenmesi
- Na-D çizgisinin gözlenmesi
- Ultra-Viole (UV) ışınımının araştırılması
- Fotoelektrik olay
- Planck Sabitinin ( $h$ ) Tayini

### 2.2.4. Alınması Gereken Önlemler

Muhafaza içindeki Spektral lambalar özel olarak tasarlanmış güç kaynağı aracılığıyla prize bağlanmalıdır. Isı birikiminden kaynaklanan aşırı ısınmadan sakınmak için ışık çıkış aralığı ve optik elemanlar (diyagram, lensler vs.) arası mesafenin minimum 3 cm tutulmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 2.3 Spektral lamba, muhafazası ve bağlantısı.

**Şekilde gösterilen elamanların teknik özellikleri:**

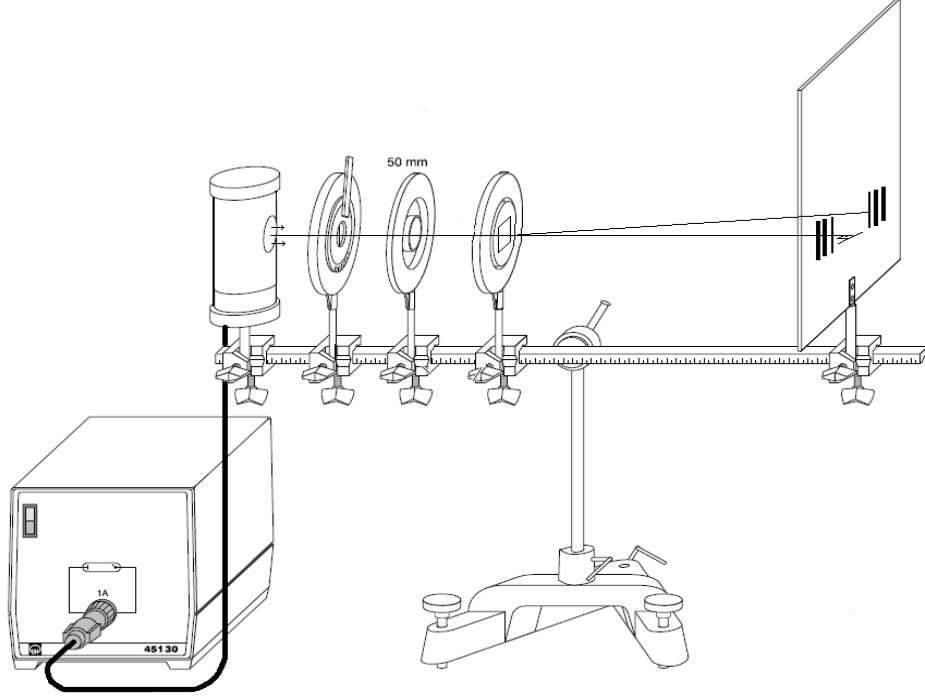
- 1- Güç kaynağı ile birlikte ampul veya spektral lamba (Tablo 2.1 çalışma voltajı).
- 2- Muhafaza için 9 pinli birbirine eş pico soket.
- 3- Muhafazanın alt kısmı ve yuvası.
- 4- Alt kısım üzerinde hareket ettirilebilen kapak (2.5 cm ışık aralığıyla)
- 5- Duruş ayağı
- 6- Güç kaynağına bağlantı fişi

**Tablo 2.1.** Spektral lambaların çalışma gerilimi.

Doldurulan Gaz	Ne	He	Cd	Hg	Na
Çalışma Voltajı	30 V	60V	15V	45V	15V

**Not:** Priz Geriliminin 200– 230 V AC arasında olmalıdır.  
Çalışma Akımı 1 A dır.

### 2.2.5. Deney Düzenekinin Kurulması



Şekil 2.4 Yayınım ve soğurma tayfi deney düzeneği.

- Optik elemanlar metrik cetvel üzerine Şekil 2.4'deki gibi dizilmelidir.
- Kullanılacak spektral lamba muhafaza içine hoca gözetiminde takılmalı ve güç kaynağına bağlanmalıdır.
- Radyasyonun yeterli seviyeye ulaşması için cihazın ısınması sağlanmalıdır. Sadece birkaç dakika bekleme sonunda cihaz ısınacaktır (He ve Ne spektrum lambaları hariç).

(Not: Güç kesilmesi halinde düzeneği tekrar çalıştırmadan önce sıcak Hg lambasının soğuması için bir kaç dakika beklemelisiniz aksi takdirde lamba yanmayacaktır.

- Merceği, kırınım ağını ve ayarlanabilir aralığımızı hareket ettirerek ekranda spektrum çizgilerini görmeye ve netleştirmeye çalışınız. Bunu yaparken gözlem ekranında spektral lambadan çıkan ışığın kırılmadan çıkıp çıkmadığını anlamak için önce lambadan çıkan ışığın rengine bakınız sonra ekranda bu rengi veren çizgiyi bulunuz. Artık deneysel gözlemlerinizi yapabilirsiniz.

Deneyin birinci kısmında metal buharı veya soy gaz (Cıva, Sodyum, Kadmiyum ve Neon) spektrumunun ışınmasının yüksek çözünürlüklü grating (kırınım ağı) kullanılarak ekran üzerine düşürülmesi yapılmaktadır. Görmekte olduğunuz spektrumu tartışınız ve daha önce buna benzer bildiğiniz deneylerle kıyaslayınız.

### 2.2.6. Deneyin Yapılışı

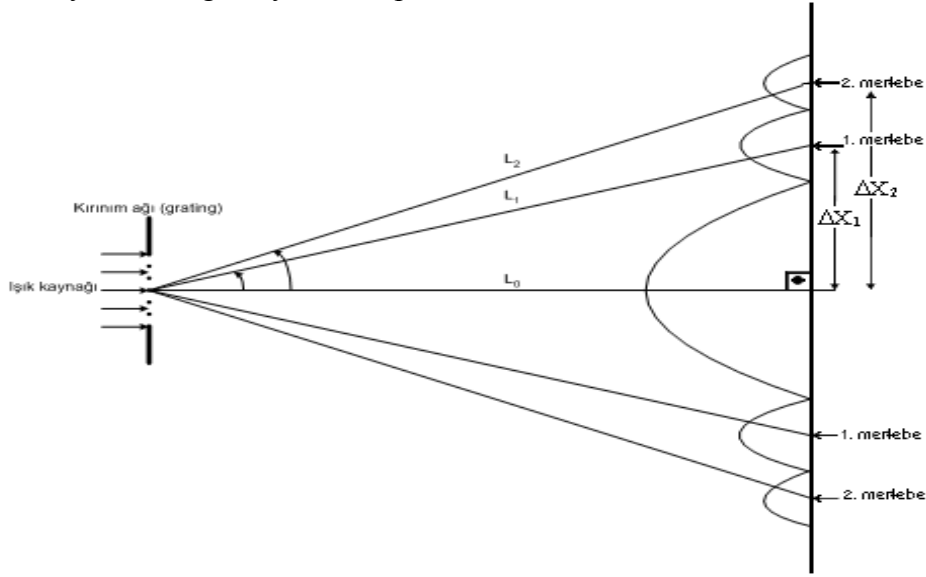
Bu deney iki kısımdan oluşmaktadır.

- Birinci kısımda bir spektral lambadan çıkan ışığın kırınım ağından (grating) çıkıp, beyaz ekran üzerine düşen tayfsal dağılımları incelenecektir.
- İkinci kısımda ise bir ocak yardımıyla yakılan sodyum klorürün oluşturduğu sodyum buharı içinden geçirilen ışığın tayfsal dağılımındaki değişim gözlenecektir.



Deneye başlarken gösteri amacıyla önce size verilen beyaz ışık kaynağını kullanınız. Lambayı Şekil 2.3'te görüldüğü gibi muhafaza içine yerleştiriniz. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi ayaklı yarık, mercek ve kırınım ağını ayaklık üzerine yerleştiriniz. Gerekli ayarlamaları yaptıktan sonra lambayı açınız. Spektral lambadan çıkan ışığın yarık (slit), mercek ve kırınım ağından geçtikten sonra beyaz ekrana kadar ulaşmasını sağlayınız. Böylece lambadan çıkan ışığın tayfsal dağılımını ekrandan gözleyiniz.

a) Deneyin birinci kısmında metal buharı veya Cıva, Sodyum, Kadmiyum ve Hidrojen ışımalarının kırınım ağı kullanılarak ekran üzerine düşürülmesiyle oluşan tayfları gözlenecek ve bu tayfların dalga boyları hesaplanacaktır.



Şekil 2.5. Kırınım ağından geçen ışığın mertebeleri.

Şekil 2.5'de

$L_0$ ; kırınım ağının ekrana dik uzaklığı

$L_1$  ve  $L_2$ : 1. ve 2. mertebelere karşılık gelen spektral çizgilerin kırınım ağına olan uzaklığı

$\Delta X_1$  ve  $\Delta X_2$ : spektral çizgilerin eksene olan uzaklığı gösterilmiştir.

Deneyde kullanılan spektral lambadan çıkan ışığın kırınım ağı tarafından tayfsal dağılımını incelemek ve tayfların dalga boyunu hesaplayabilmek için Kırınım Yasası kullanılacaktır.

$$m\lambda = d\sin\theta \quad (2.2)$$

Burada,  $\sin\theta_1 = \Delta X_1/L_1$  den bulunur.  $L_1$  Pisagor bağıntısından hesaplanabilir.

$m$ ; tamsayısı kırınım deseninde mertebe numarası

$\lambda$ ; ekranda gözlenen ışığın dalga boyu

$d$ ; kırınım ağı aralığı

olarak ifade edilir.

Deneyde kullanılan kırınım ağı aralığı 600 çizgi/mm' den hesaplanabilir.  $\theta$ , kırınım ağından çıkan ışığın sapma açısıdır. Tablo 2.2' ye göre incelediğiniz spektral lambaların ekranda gözlenen tayflarının dalga boylarını ve deneysel hatanızı (2.2) eşitliğini kullanarak hesaplayınız ve her spektral lamba için bu tabloyu yeniden oluşturunuz.

### 2.3.Sonuç ve Rapor: YAYINIM VE SOĞURMA

**Adı Soyadı:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

**Tarih:** .....

1. Deneysel olarak bulduğunuz  $d'$  yi kırınım ağı aralığı 600 çizgi/mm ile karşılaştırınız ve % hatanızı saptayınız ve Tablo 2.2'ye kaydediniz.

**Hesaplamalar:**

2. Burada deneysel olarak bulduğunuz  $d'$ yi her renk çizgisi için aynı kabul edip (2.2) eşitliğini kullanarak her rengin dalga boyunu hesaplayınız ve Tablo 2.2'ye kaydediniz.

**Hesaplamalar:**

3. Deneysel olarak hesapladığımız dalga boyları ile atomik tayf tablosundan okuduğunuz dalga boylarının bir karşılaştırmasını yapınız ve % hatanızı bulunuz ve Tablo 2.2'ye kaydediniz. Bulduğunuz sonuçlar ile ilgili gerekli yorumlamaları yapınız.

**Hesaplamalar ve yorumlar:**

4. İkinci kısmında beyaz ışık ve sodyum ışığı bir bunsen ocağı üzerinde yakılan sodyumdan oluşan sodyum buharı içinden geçen ışığın beyaz ekrandaki izdüşümü gözlenecektir. Sodyum yakıldığında ekran üzerinde sodyum ışığıyla aydınlatılan bölgede sarı çizgilerin yerinde karanlık gölgelerin belirdiğini gözleyiniz.

**Gözlem:**

5. Aynı renge karşılık gelen tayflarının arasındaki mesafenin de neden azalıp arttığını araştırınız. Sizce gözlediğiniz her renk tek çizgi halinde midir? Eğer cevabınız hayır ise bunun nedeni nedir?

**Cvp:**

6. Kırınım ağını metrik eksen üzerinde ışık kaynağına yavaşça yaklaştırıp uzaklaştırarak tayfların hareketini inceleyiniz. Gözlediğiniz aynı renkli fakat şiddetleri farklı olan bu çizgileri nasıl tek çizgiler halinde görebilirsiniz. Bu sorunun cevabını almak için aşağıdaki işlemleri yapınız. **i)** Önce spektral lambadan çıkan ışığın kırılmadan önceki renk çizgisini gözleyiniz. **ii)** Sonra kırınım ağını ışık kaynağına yavaş yavaş ileri geri taşımak suretiyle gelen ışığın kırınım ağından geçtikten sonra kırınım olan bölgelerdeki açığı hesaplayınız. Daha sonra ise iki ana renk çizgisi etrafında gördüğünüz renk çizgileri (sarı, mor, mavi, yeşil ve kırmızı vs.)  $L_0$  ve  $\Delta X'$  e göre  $L_1$  uzunluğunu ve  $\sin\theta'$  yı hesaplayınız? Hesaplanan bu değerlere göre her bir spektral çizginin dalga boyunu hesaplayınız ve Tablo 2.2'ye kaydediniz.

**Gözlem ve Hesaplamalar:**



**SORULAR**

**1.Soru:** Taban (yer) durumu nedir?

**Cevap:**

**2.Soru:** Spektral lambada ışık nasıl oluşur ve neye yarar?

**Cevap:**

**3.Soru:** Tayf ölçer nedir?

**Cevap:**

**4.Soru:** Işığın tayflarına ayrıldığı bir doğa olayı var mıdır?

**Cevap:**

**5.Soru:** Bir kuantum-mekaniksel sistemde çeşitli durumlar arasında meydana gelen geçişlerde hangi korunum kanunları geçerlidir?

**Cevap:**

**6.Soru:** Kırınım ağı ne demektir?

**Cevap:**

**7.Soru:** Işık yayan spektral lamba ısıtılırsa nasıl bir etki gözlenir?

**Cevap:**

**8.Soru:** Bilinmeyen bir maddenin çıkardığı ışıktan o maddenin cinsi saptanabilir mi? Açıklayınız.

**Cevap:**

**9.Soru:** Bu deneyden elde edilen fiziksel sonuçların güncel hayatta hangi alanlarda kullanılmaktadır? Açıklayınız.

**Cevap:**

**10.Soru :** Bir yıldızın tayflarını inceleyerek, hareketinin yönü ve hızı belirlenebilir mi? Nasıl?

**Cevap:**

**Sonuç ve Yorum:**

# DENEY 3

## PLANCK SABİTİNİN TAYİNİ



**DENEY 3****Deneyin adı: PLANCK SABİTİNİN TAYİNİ**

**Deneyin amacı:** Fotoelektrik olayın kanıtlanması, Işığın frekansının fonksiyonu olarak foto elektronların (ışığın metal yüzeyinden söktüğü elektronlar) kinetik enerjilerinin ölçümü, Planck sabitinin ( $h$ ) tespiti ve elektronların kinetik enerjilerinin ışığın şiddetinden bağımsız olduğunu göstermektir.

**3.1. TEORİ**

Elektronlar yeterince kısa dalgaboylu ışığın düşürülmesi suretiyle belirli metallerin yüzeyinden serbest kalabilirler (fotoelektrik olay). Bu elektronların enerjisi gelen ışığın şiddetine değil, frekansına bağlıdır. Şiddeti sadece serbest kalmış elektronların sayısını belirler. Klasik fiziğe ters düşen bu olayı ilk öne süren Albert Einstein'dır.(1905). Ona göre, ışık; foton denen parçacıklar akısından oluşmaktadır. Foton enerjisi ( $E$ ), frekansla doğru orantılıdır.

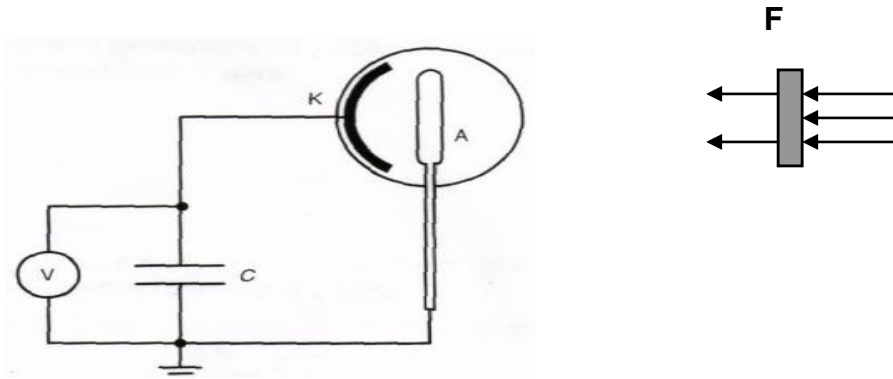
$$E=hf \quad (3.1)$$

Burada orantı sabiti  $h$  Planck sabiti olarak bilinmektedir ve tabiatın sabiti olarak da itibar görmektedir. Bu bağlamda ışık kavramı şudur: Her bir foto elektron bir fotonla yer değiştirir ve sökülen elektronun kinetik enerjisi,

$$E_{kin}=hf-W_k \quad (3.2)$$

ile verilir. Burada,  $W_k$ ; metalin iş fonksiyonudur. İş fonksiyonu fotoelektron sökülen maddeye bağlıdır.

$h$  Planck sabitini, monokromatik (tek renkli) ışığa maruz kalmış bir fotoselden kopan bir elektronun ışığın belirli bir dalga boyundaki  $E_{kin}$  kinetik enerjisinin ölçümü ile tayin edebiliriz.



Şekil 3.1: Fotoelektrik olay yardımıyla  $h$  planck sabitinin ölçümü için deney düzeneğinin şeması.

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, tek renkli ışık (F dalgaboylu filtre sayesinde üretilir) fotoselin k katodu üzerine düşürülür ve uyarılmış foto elektronlar buradan  $V_0$  kesme gerilimine kadar C kapasitörü yüklenene dek A anoduna doğru hareket ederler. Şekil 3.1 deki şematik



sunuma göre, ışık dairesel anoda düşer. Burada ışık platin kablo ile potasyumlu yüzey üzerine düşürülmektedir. Düşük iş fonksiyonu sayesinde (Alkali metallerin Valans (değerlik) elektronları zayıf bağlıdır.) potasyum katot maddesi olarak çok uygundur.

Kopan elektronların bazıları anoda doğru hareket eder ve böylece bir I fotoelektrik akımı oluşur. Eğer kopan foto elektronlara karşı negatif potansiyel aşamalı bir şekilde arttırılırsa fotoelektrik akımda devamlı olarak azalacaktır. Fotoelektrik akımın sıfıra ulaştığı gerilim  $V_0$  kesme gerilimi olarak isimlendirilir. Bu seviyede elektronlar en zayıf bantta bulunurlar.  $W_k$  en düşük iş fonksiyonu. Olduğundan dolayı en büyük kinetik enerji anot geriliminin üstesinden gelemez. Bu deneyde anot gerilimi bir kapasitör kullanılarak üretilir. Zayıf bağlı elektronların kinetik enerjilerini hesaplamak için ( $V_0$ ) gerilimini kullanabiliriz.

$$eV_0 = h\nu - W \quad (3.3)$$

Burada,  $e$ ;elementer yük,  $W$ ; katot'un  $W_k$  iş fonksiyonu artık ortadan kalkmıştır ve Katot ve Anot arasındaki kontak potansiyeli olarak denge enerjisi içermektedir. Ölçümler, düşürülen ışığın farklı  $\lambda$  dalga boyları ve frekansları için alınır;

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (3.4)$$

Burada,  $c$ ;ışığın boşluktaki hızıdır. Düşürülen ışığın frekansı  $\Delta\nu$  kadar arttırıldığında, elektron enerjisi  $h\Delta\nu$  kadar artar. Limit voltaj, fotoelektrik akımdaki yükselişi dengelemek için  $\Delta V_0$  tarafından arttırılmalıdır.

### 3.1.1. Dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Yüksek basınçlı cıva lambası aynı zamanda UV mertebesinde ışıkta yayar, bundan dolayı gözle zarara verebilir.
- Yüksek basınçlı cıva lambasından çıkan veya yansımış ışık demetine asla bakmayın.
- Yüksek Basınçlı cıva lambası için yönergeyi inceleyin.

Limit voltaj  $V_0(\nu)$ yi “ $\nu$ ” in fonksiyonu olarak çizdiğimizde denklem (3.3)

$$\frac{\Delta V_0}{\Delta\nu} = \frac{h}{e} \quad (3.5)$$

eğimli doğruyu verir. Elementer yük “ $e$ ” için, Planck Sabiti “ $h$ ” verir. Bu deneyde dalga boylarını seçmek için dar bandlı girişim filtreleri kullanıldı; her bir filtre yüksek basınçlı cıva lambasından gelen ışığın spektral çizgilerin birini kesin olarak seçmektedir. Filtrelerdeki dalga boyu tayini geçirilen cıva çizgilerini verir.

### 3.2. Deneyin Kurulması

#### 3.2.1. Optik Kurulum

Yüksek Basınçlı Cıva Lambası 10 dakika ısıdıktan sonra tam yoğunluğa ulaşır. Deneyi kurmaya başladığınız zaman Yüksek Basınçlı Cıva lambasını (YBCL) yak böylece kısa sürede ölçümlere başlayabilirsiniz.

Şekil 3.2 deneysel kurulumu göstermektedir ve optik binici sol kenarının konumu cm olarak verilmiştir.

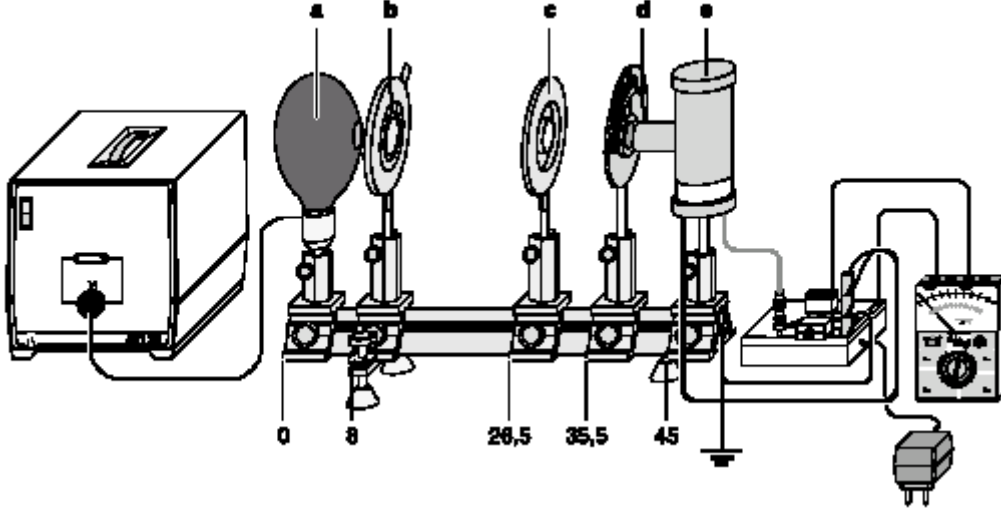
- 1- Universal starteri dağıtıcı kutu vasıtasıyla ana elektrik şebekesine birleştiriniz.
- 2- Optik binici kullanarak Yüksek Basınç Cıva Lambasını işaretli konuma takınız (H=90 cm.) daha sonra YBCL'yi Universal starter'e birleştiriniz ve lambayı açınız.
- 3- Optik biniciyi kullanarak fotosel'i işaretli konuma takınız (H=90 cm.) ve kaplamalı siyah yüzeyin cıva lambası ile kaplanması içine fotopil'i sıraya koy ve kapağı kaldırınız.
- 4- Optik biniciyi kullanarak optik tezgah üzerindeki işaretli konuma (H=120 cm) iris diyaframı takınız.
- 5- Optik biniciyi kullanarak işaretli konuma mercekleri tak (H=120 cm) ve iris diyafram ve merceklerin merkezleri aynı yükseklikte olacak şekilde yüksekliği ayarlayınız.

Cıva lambasından gelen ışık fotosel'in siyah kaplanmış (duyarlı alanı) üzerinde keskin ışık noktaları üretecektir. Işık metal halka üzerine ve siyah kaplı bölgenin kontak yapılmış tarafına düşmemelidir. Kenar bölgeler ışıklandırılmamalıdır.

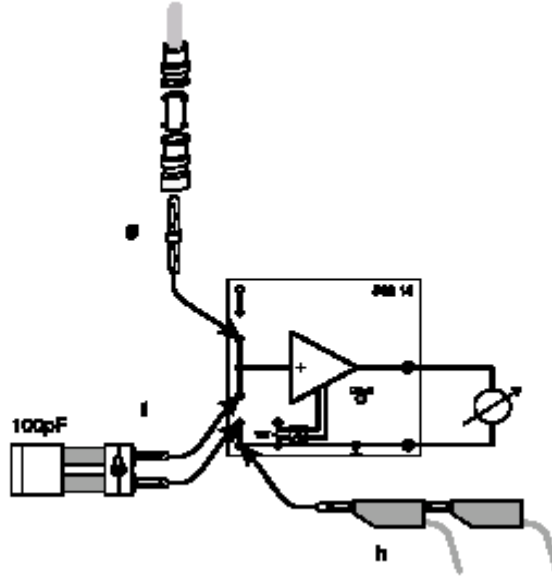
Bunun böyle olduğunu garanti etmek için aşağıdaki prosedürü takip edin, en uygun görüntüyü (image) elde etmek için gerekli miktarda tekrar edin.

- 6- Fotosel'in siyah bölgesine ışık spotlarının düşmesi için mercekler ve iris diyaframın yüksekliğini değiştir; merceklerin merkezinin iris diyaframının yüksekliğini aynı seviyede olduğundan emin ol. Aynı zamanda fotosel'inde eğim ve yüksekliğini ayarlamaya ihtiyaç duyabilirsiniz (tabanın altındaki civatayı kullanın)
- 7- İris diyaframı kullanarak, dış bölgeleri aydınlatmaksızın (metal halka veya siyah kaplı bölgedeki kontak) fotoselin siyah bölgesi üzerine mümkün olduğu kadar geniş alanı aydınlatacak biçimde ışık spotunu, genişliğini ayarlayınız.
- 8- Optik tezgah boyunca mercekleri hareket ettirerek gereği kadar ışık spotunu odaklayınız.

**ÖNEMLİ NOT: Bir kez deney düzeneğini kurduktan sonra kurulumun değişmeyeceğinden emin olunuz.**



Şekil 3.2: Deney düzeneği; a-Yüksek basınçlı cıva lambası, b-İris diyafram, c- Mercekler, f=100mm d-Girişim filtreleri ile tabanca (döndürücü), e-Fotosel



Şekil 3.3:Limit voltajı ( $V_0$ ) ölçmek için gerilim yükseltici devresi

### 3.2.2. Elektrik Donanım

Fotosel'in siyah metal yüzeyi üzerine düşen fotoelektronlar, kinetik enerjisi belirlemek için ihtiyaç duyulan  $V_0$  limit voltajını üretmek için bir kapasitörü yüklerler. Gerilim ölçüm devresi, kapasitördeki gerilimi ölçmede kullanılmaktadır. (Şekil 3.3) :

100 pF kapasiteli kapasitörü ve anahtarını, (f) terminaline tutturunuz.

- BNC/4 mm adaptörü ve düz BNC'yi (g) terminaline ekle ve bunları fotosel'in gri kaplı kablosuna tutturunuz.
- Fotosel'in her iki siyah kablosunu (b) gerilim ölçer elektrometre üzerindeki yükselticinin toprağına birleştiriniz.
- Yükselticinin çıkışına multimedreye yerleştir.

Aynı zamanda:

- Dağıtıcı kutu yoluyla yükselticiye 12 V 'luk güç kaynağı birimindeki fişi takınız ve dağıtıcı kutu yoluyla fişi birleştiriniz.
- Optik tezgah (ve fotosel'in temel aygıtının çubuğunu) yükselticinin toprak bağlantısına birleştiriniz, ve bu terminali dağıtım kutusunun dış toprağına bağlayınız.

### 3.3. Deneyin Yapılışı

1. Eğer katodun ışığa duyarlı katmanındaki potasyum anot halkası üzerinde tortulaşırsa, elektron akısı oluşabilir ve bu da deneyle girişim oluşturabilir.
2. Eğer gerekli ise fotosel'i yönergesinde yazıldığı şekilde bake-out (fırınlama) edebilirsiniz.
3. Fotosel üzerindeki kir anot ve katod arasında kaçak akımlara sebep olur. Bu da limit voltaj  $V_0$  'ın ölçümünü etkiler.
4. Fotosel'i alkol ile temizle.
5. Kapasitördeki voltaj indükleme yoluyla etkilenebilir.
6. Deney odasını karanlık odaya çevirmenize gerek yoktur, ölçüm sonucu üzerine bunun hiç bir etkisi yoktur.

#### 3.3.1. Deney

- Multimetreyi aç ve 1 V DC aralığına ayarlayın.
- Girişim filtrelerini, sarı ışık için ( $\lambda_{Hg} = 578 \text{ nm}$ ) ayarlayın.
- Kapasitörü boşalt.
- Ölçüme başla, 30 saniye ile 1 dakika arası bekle kapasitör limit voltaj  $V_0$  'a kadar yüklensin ve  $V_0$  'ın ölçtüğünüz değerini yazın.
- Girişim filtrelerini yeşile ( $\lambda_{Hg} = 546 \text{ nm}$ ) ayarla ve ölçümü tekrarla.
- Ölçüm aralığını 3 V'a genişlet ve ölçümü mavi ( $\lambda_{Hg} = 436 \text{ nm}$ ), ve mor ( $\lambda_{Hg} = 405 \text{ nm}$ ) girişim filtreleri ile tekrarla.
- Filtre döndürücünün iris diyaframını kullanarak fotosele düşen ışığın yoğunluğunu değiştir ve limit voltaj  $V_0$  'ı her bir kurulum için ölç.

#### 3.3.2. Örnek:

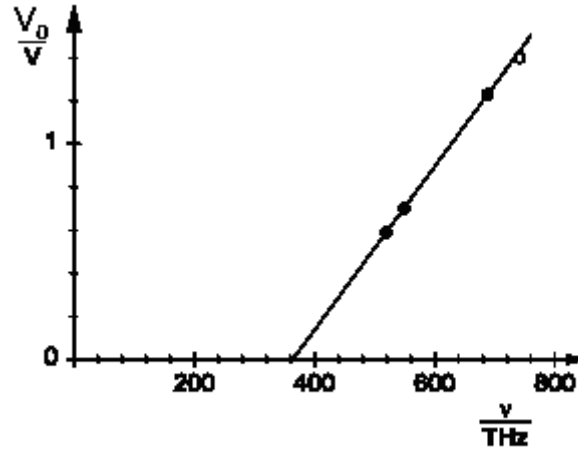
Tablo 3.1 Dalga boyu  $\lambda$  ve frekans  $\nu$ 'ın fonksiyonu olarak limit voltaj  $V_0$  .

Renk	$\frac{\lambda}{\text{nm}}$	$\frac{\nu}{\text{THz}}$	$\frac{V_0}{\text{V}}$
Sarı	578	519	0.59
Yeşil	546	549	0.70
Mavi	436	688	1.23
Mor	405	741	1.40

### 3.3.3. Hesaplamalar

Şekil 3.4 limit voltajı ( $V_0$ ) frekansın ( $\nu$ ) fonksiyonu olarak göstermektedir. Çizilmiş ölçüm noktaları doğru üzerindedir.

İlk üç ölçüm noktasına uydurulan doğru  $\frac{V_0}{\Delta\nu} = 0.38 \times 10^{-4} \text{Vs}$  eğimine sahiptir. (V) denkleminde göre  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}$  olduğundan Planck sabitinin değeri,  $h = 6.1 \times 10^{-34} \text{ Js}$  bulunur. Literatür değeri ise  $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$  dir. Yapılan bu ölçümlere göre bir hata analizi yapmak suretiyle deneyin % hata sı belirlenebilmektedir. Bu oran ölçümlerin ne kadar hassas alındığına bağlıdır. O nedenle deneysel ölçümlerinizi en doğru şekilde almalısınız.



Şekil 3.4: Frekansın ( $\nu$ ) bir fonksiyonu olarak limit voltaj ( $V_0$ )

### 3.3.4. Sonuçlar

1. Fotoelektrik etkide koparılan elektronların kinetik enerjisi, gelen ışığın yoğunluğuna değil frekansına bağlıdır.
2. Planck sabiti ( $h$ ), yukarıda frekansın bir fonksiyonu olarak daha uzun tutulamayan elektronlar, limit voltajının ( $V_0$ ) frekansın fonksiyonu olarak ölçülmesi ile belirlenebilir.

### 3.4.Sonuç ve Rapor: PLANCK SABİTİNİN TAYİNİ

**Ad Soyad:** .....

**No:** .....

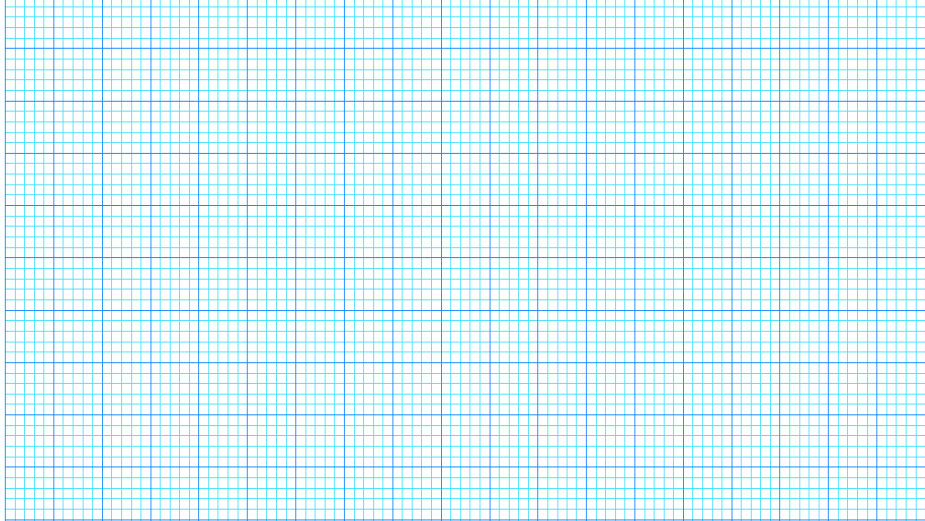
**Grup:** .....

**Tarih:** .....

1. Herbir filtre için aldığınız değerleri aşağıdaki tabloya yazınız

<i>Renk</i>	$\frac{\lambda}{\text{nm}}$	$\frac{\nu}{\text{THz}}$	$\frac{V_0}{V}$
<b>Sarı</b>	578		
<b>Yeşil</b>	546		
<b>Mavi</b>	436		
<b>Mor</b>	405		

2. Frekansın ( $\nu$ ) bir fonksiyonu olarak limit voltaj ( $V_0$ ) değerini aşağıdaki grafik kağıdına çiziniz ve h Planck sabitini hesaplayınız.



**Hesaplamalar:**

3. Deneyde bulduğunuz  $h$  Planck sabiti ile gerçek Planck sabiti arasında bir fark var mı? Eğer cevabınız evet ise bu fark % olarak ne kadardır?

**Hesaplamalar:**

**SORULAR**

**1.Soru:** Fotoelektrik olayı kısaca tanımlayınız.

**Cevap:**

**2.Soru:** Işığın parçacık mı tanecik mi olduğu hakkında ileri sürülen hipotezler hakkında kısaca bilgi veriniz.

**Cevap:**

**3.Soru:** Bu deneyde niçin dört farklı dalga boyu geçirgenliğine sahip olan filtreler kullanmamız gereklidir? Kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**4.Soru:** Yüksek basınçlı cıva lambasını deneye başlamadan önce neden yaklaşık 10 dakika çalıştırmamız gerekmektedir?

**Cevap:**

**5.Soru:** Her filtre ile veri almadan önce kapasitörü niçin boşaltmaya gereksinim vardır?

**Cevap:**

**Sonuç ve yorum:**

# DENEY 4

## ESNEK OLMAYAN ELEKTRON ÇARPIŞMASI





**DENEY 4****Deneyin Adı: ESNEK OLMAYAN ELEKTRON ÇARPIŞMASI**

**Deneyin Amacı:** Elektronlarla çarpışma anında Helyum (He) atomlarında açığa çıkan süresiz enerjinin belirlenmesidir.

**4.1. TEORİ**

Bir atomla elektronların esnek olmayan çarpışmasında, hızlandırılan elektronların sahip olduğu kinetik enerji atoma aktarılarak atomun uyarılması veya iyonize olması için harcanır. Bu tip çarpışmalarda en iyi seçim kinetik enerjinin uyarılma veya iyonizasyon enerjisine eşit olduğu durumdur. Atomun uyarılma seviyelerinin kesikli olmasından dolayı, esnek olmayan çarpışma sonunda meydana gelen bu olayda enerji yayını süresizdir.

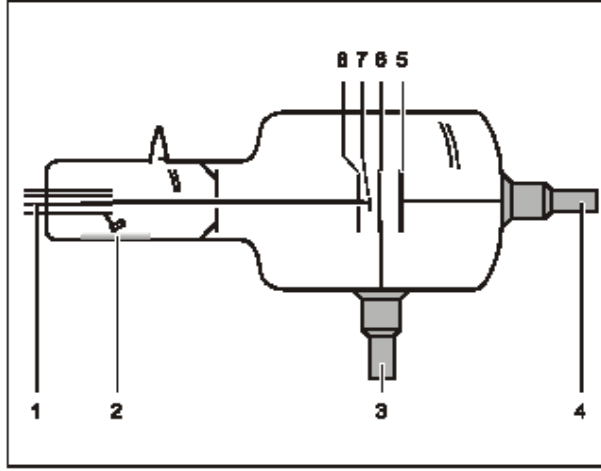
Bu deneyde kullanılan cam tüp, helyum gazı ile doldurulmuş olup anot-katod ve ızgara olmak üzere üç elektrota sahiptir. Isıtılan bir filamentten termoiyonik yayını ile meydana gelen elektronlar katod-ızgara arasındaki elektrik alanda ( $E$ ) ivmelendirilir, daha sonra ızgara-anot arasında  $E$  ile zıt yöndeki elektrik alan içine girerler. Bu durumda sadece yeteri kadar yüksek kinetik enerjiye sahip elektronlar bu alanı geçerek anoda ulaşır ve anot ile toprak arasında ( $I_A$ ) elektrik akımını meydana getirirler. ızgara önündeki elektronlar belli bir minimum enerjiye ulaştıkları zaman tüpteki gaz atomları ile esnek olmayan çarpışma yaparak bunları uyarırlar.

İvmelendirme gerilimi  $V_A$  sürekli olarak arttırılırsa sonunda elektronların kinetik enerjisi artarak maksimum seviyeye ulaşır bunun sonucunda ızgara önünde esnek olmayan ilk çarpışma meydana gelir. Çarpışmadan sonra elektronlar zıt yöndeki elektrik alan içinde alana karşı hareket edemezler. Böylece  $I_A$  anot akımı büyük oranda azalır.

$V_A$  ivmelendirme gerilimi daha fazla arttırılırsa uyarma bölgesi katoda doğru kayar böylece elektronlar enerji toplayarak  $I$  akımını arttırırlar. Sonunda elektronlar gaz atomlarını ikinci kez uyarırlar ve anot akımı bir kez daha azalır.

Isıtılan bir filament yardımıyla oluşturulan ve bir elektrik alanda hızlandırılan elektron demeti triod tüp içindeki He gaz atomları ile esnek ve esnek olmayan çarpışma yapabilir. Esnek çarpışmada atomun iç durumu değişmez yani taban durumunda kalır. Buna göre, (gelen elektron + atom) sisteminin toplam kinetik enerjisi sabit kalır. Geri tepen atom bir miktar kinetik enerji kazanır. Ancak atom elektrona göre çok ağır olduğundan bu enerji çok küçük kalır. Yani esnek çarpışmada elektronlar atom tarafından saptırılabilir ancak kinetik enerjileri yaklaşık sabit kalır.

Esnek olmayan çarpışmada atom uyarılmış bir duruma geçiş yapar. Sistemin kinetik enerjisinde azalma olur. Atom enerji düzeyleri kuantumlanmış olduğundan, elektronun kaybettiği enerji de kesikli değerler olacaktır. Yani elektron  $E_n - E_1$  farkına eşit miktarda enerji kaybeder. Burada  $E_1$  taban durumu,  $E_n$  ise  $n$ . uyarılmış durumdur. Örneğin ilk uyarılmış durum için gerekli enerji  $E_2 - E_1$  dir. Elektronun ilk kinetik enerjisi bu farktan küçük ise atomu uyaramaz ve sadece esnek çarpışma yapabilir. Böylece değişik kinetik enerjilerde gönderilen elektronlar ve yaratılan akımlar hızlandırma potansiyelleri incelenerek atomun enerji düzeylerindeki süresizlik incelenebilir.



**Triod (555 614)**

1. Pin Merkezi (Katod kontağı için)
2. Getter aynası (Vakumu korumak için)
3. Grid(ızgara) bağlantısı
4. Anod bağlantısı
5. Anot
6. Grid (anod-katod arası elektrod) ızgara
7. Akkor Katot
8. Katot levhası

Şekil 4.1: He doldurulmuş 3 elektrotlu (triody) gaz tüpü

**Öğrencilerin Dikkatine: (Triody cam tüp ile ilgili güvenlik uyarıları)**

İçe dönük patlama tehlikesi: Triody tüp ince camdan yapılmış yüksek vakumlu bir tüptür.

- Triody mekanik bir strese tabi tutmayın ve sadece ayaklığına tutturulduğu zaman birleştirme yapın.
- Pinleri, pin merkezine dikkatlice yerleştirin.

*İşlem sırasında, tehlikeli kontakt potansiyeli uygulanabilir:*

- Triody sadece güvenlik kurallarına uygun monte edin.
- Montajı güç kaynağı kapalıyken yapın.

*İşlem sırasında, katot ısınmasından dolayı, triody ısınabilir.*

- Eğer gerekiyorsa, demontaj esnasında triodyun soğuması için bekleyin.

*Triody çok yüksek akım ve gerilimlerden dolayı zarar görebilir.*

- İşlem parametrelerini verilen teknik özellikleri aşmayacak şekilde tutun. Filament gerilimini ani olarak arttırıp azaltmayınız, bu durumda meydana gelecek ani sıcaklık değişimleri filamentte zarar verecektir. Tüp sıcak iken yerinden oynatmayın, tüp'e dokunmayınız.

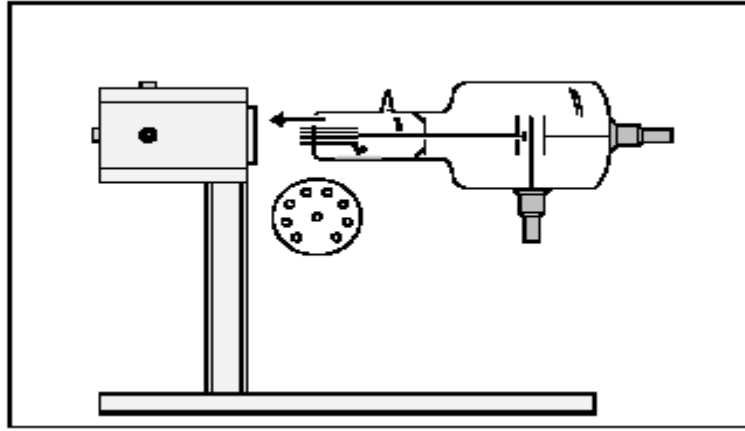
#### 4.2.Tanım

Triod, elektrik iletkenliği, öz korumalı ve öz korumasız gaz boşalmaları ve de elektronlarla çarpışma anında He atomlarında açığa çıkan süresiz enerjiyi belirlemeyle ilgili temel deneylerin yapılmasına olanak verir.

##### Gaz tüpün teknik özellikleri

Gaz	:	Helyum
Gaz Basıncı	:	yaklaşık 1 hPa
Isıtma Voltajı $U_F$	:	0...7.5 V (Önerilen: 6.3 V)
Isıtma Akımı $I_F$	:	Yaklaşık (6.3 V için) 2.5 A
Anod Gerilimi $V_A$	:	-500...500 V
Grid Gerilimi $V_G$	:	-500...500 V
Geri beslemeli gaz boşalması için ateşleme gerilimi	:	300-400 V
Çap	:	90 mm
Toplam Uzunluk	:	270 mm
Kütle	:	250 g

#### 4.3. Tüpün taşıyıcı ayaklığa montajı



Şekil 4.2: Tüp montajı.

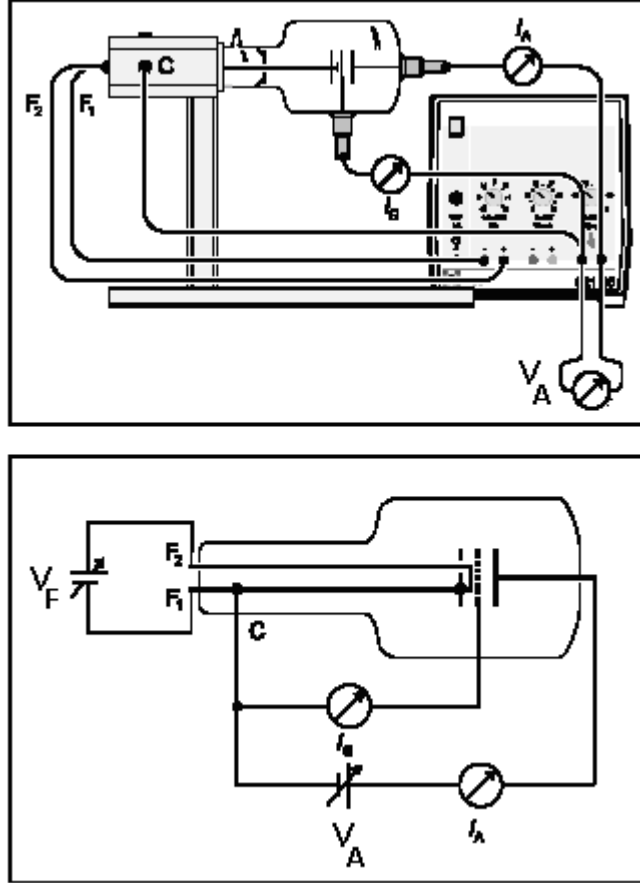
- Triodu yatay olarak tutun ve pin merkezindeki delikler aşağıyı gösterecek şekilde döndürün.
- Pin merkezini tüp ayaklığındaki sokete dikkatlice yerleştirin.

#### 4.4. Deneyin yapılışı

##### 4.4.1.Boşalma (Pozitif yük taşıyıcıların ispatı)

1- Gaz boşalması esnasında pozitif yük taşıyıcıların ( $He^+$  iyonları) ispatı için,  $I_G$  akımı, maksimum hızlandırma geriliminde, işareti de göz önüne alınarak ölçülür.

- 2- Aşağıda Şekil 4.3 de gösterildiği gibi devreyi kurunuz . Devreyi doğru olarak kurduğunuzdan emin olmadan güç kaynağını açmayınız. Hocanıza devreyi kontrol ettiriniz.



Şekil 4.3: Yük boşalması (pozitif yük taşıyıcıların ispatı).

$I_G = -1 \dots -3 \mu A$  ( $V_A < 25 V$  da)

$I_G = 4 \dots 7 \text{ mA}$  ( $V_A = 300 V$  maksimum hızlandırma voltajında)

$I_G$  ve  $V_A$  değerlerini tablo halinde oluşturunuz.

$I_G$  katot-ızgara arasında meydana gelen akım olduğuna göre,

- a)  $I_G$  akımını  $V_A$  anot gerilimine bağımlıdır? neden?

**Cvp:**

- b)  $I_G$  akımının pozitif ve negatif olmasının nedeni sizce nedir ?

**Cvp:**

#### 4.4.2 Geri Beslemesiz Yük Boşalımı

Ek olarak önerilen araç gereçler:

1 ampermetre 0....30 mA

1 Voltmetre 0....300 V

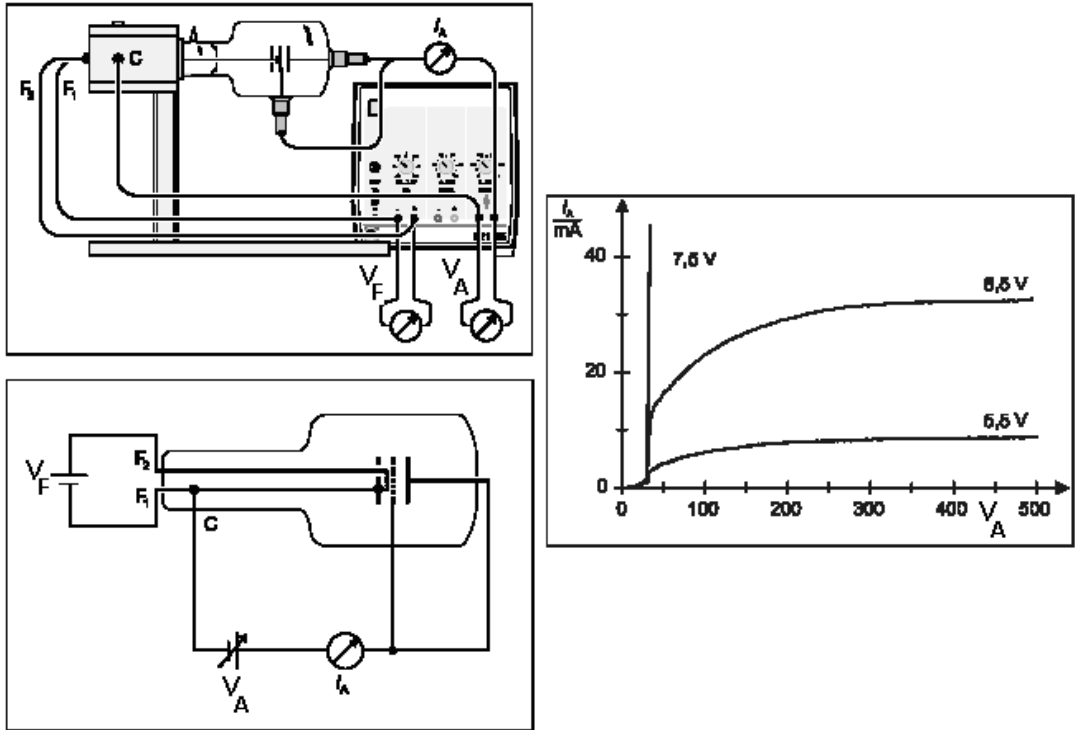
1 Voltmetre 0....10 V

$I_A$  Anot Akımını ölçmek için

$V_A$  Anot gerilimini ölçmek için

$V_F$  Isıtma (filament) gerilimini ölçmek için

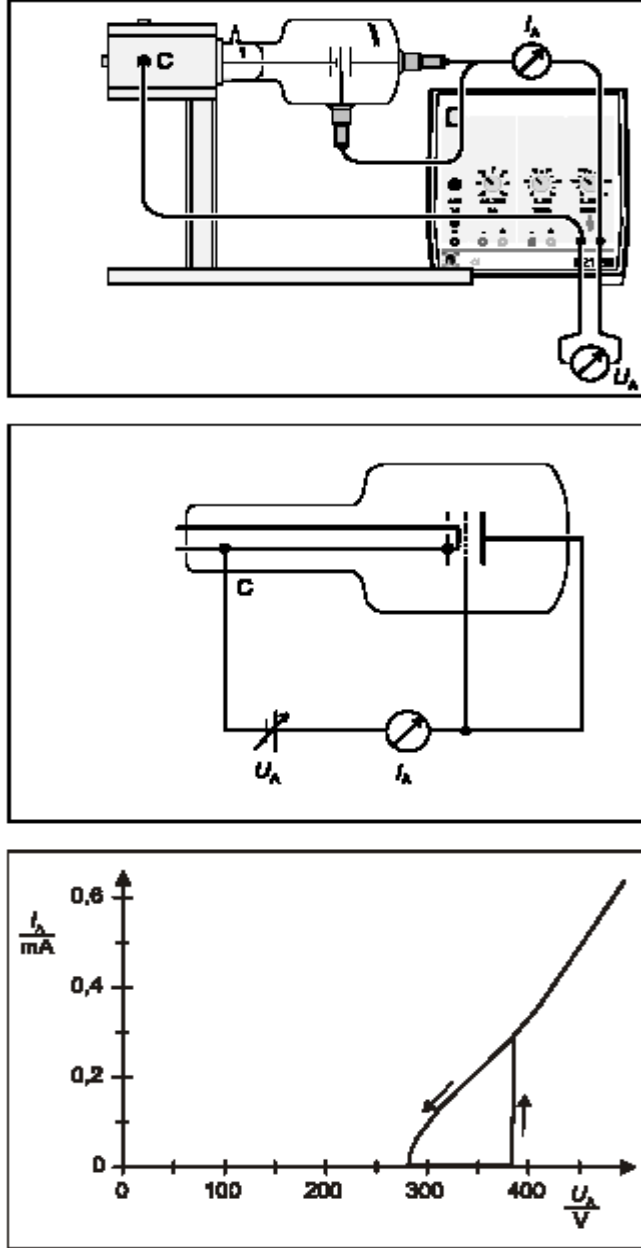
Farklı ısıtma gerilimleri ( $V_F = 5.5, 6.5, 7.5$  V) için, karakteristik çizgiyi oluşturmak üzere  $I_G(V_G=V_A)$  kaydedin: Yaklaşık 25 V' luk  $V_A$  anot gerilimi için,  $I_A$  anot akımında (mavi ışık olayından dolayı oluşan) bir artış vardır. Normal triod durumunda olduğu gibi, yük iletimine katılan daha fazla yük taşıyıcı vardır.



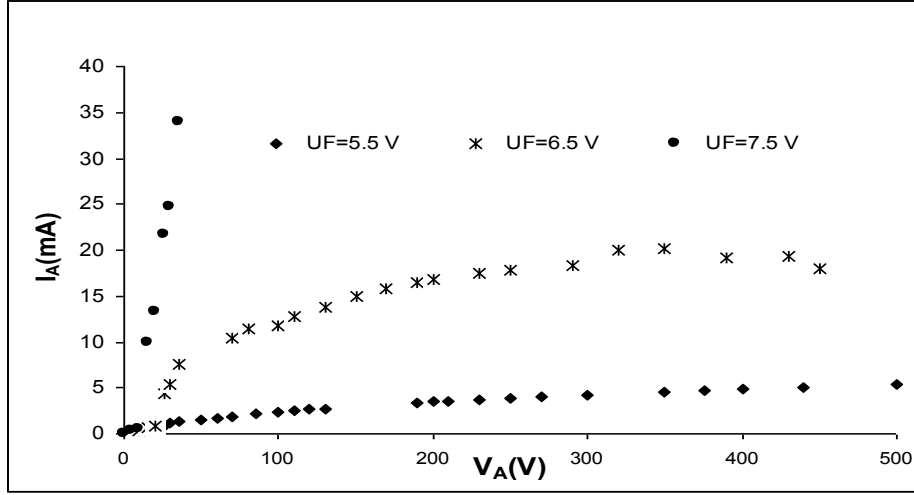
Şekil 4.4. Geri beslemesiz yük boşalması deney düzeneği ve beklenen grafik.

#### 4.4.3 Geri Beslemeli Boşalma

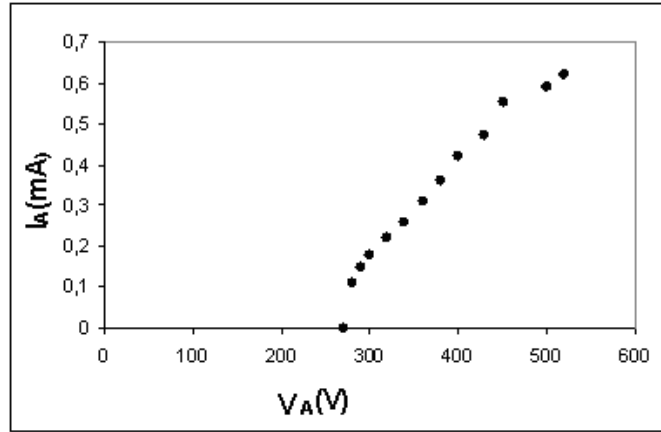
Kendi kendini besleyen gaz boşalması, ateşleme gerilimi fazla olduğu zaman oluşur (yani dış etkiler olmaksızın veya ısınma sonucu katottan çıkan ışık ) ve söndürme geriliminin altında söndürülür.



Şekil 4.5. Geri beslemeli yük boşalması deney düzeneği ve beklenen grafik.



Şekil 4.6. Deneysel geri beslemesiz yük boşalımı.



Şekil 4.7. Deneysel geri beslemeli yük boşalımı.

**4.5.Sonuç ve Rapor: ESNEK OLMAYAN ELEKTRON ÇARPIŞMASI**

**Ad Soyad:** .....  
**No:** .....  
**Grup:** .....  
**Tarih:** .....

1. Tablo 4.1 'e sabit üç farklı  $U_F$  (5.5, 6.5 ve 7.5 mV ) ısıtma potansiyeli için anot potansiyeline ( $V_A$ , volt) karşı  $I_A$  (mA) grid akımlarını ölçerek yazınız. Tabloyu oluşturduktan sonra geri beslemesiz yük boşalımı grafiğini Şekil 4.6'ya benzer bir grafik elde ediniz

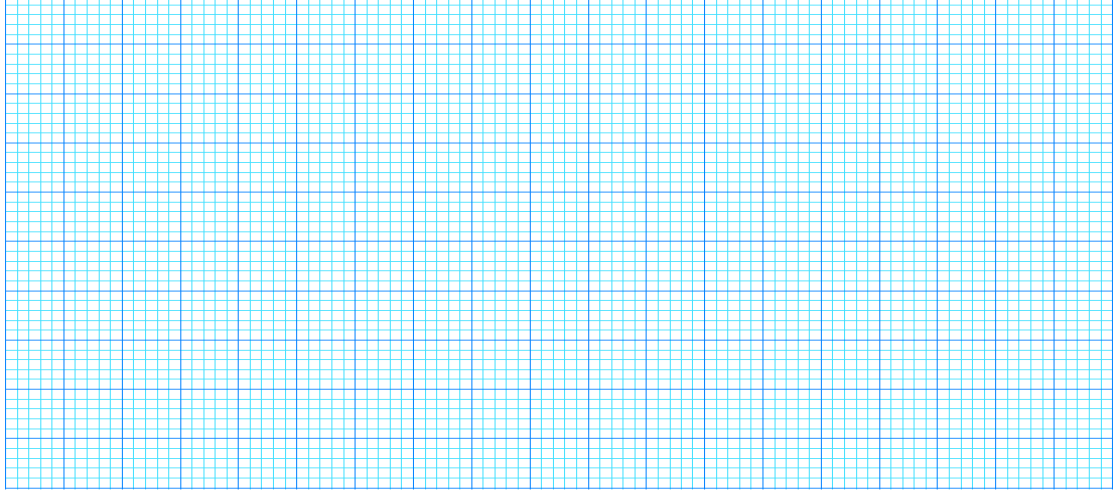
**Tablo 4.1. Geri beslemesiz veri çizelgesi.**

$V_A$ (Volt)	$V_F=5.5$	$V_F=6.5$	$V_F=7.5$
	V	V	V
	$I_A$ ( $\mu A$ )	$I_A$ ( $\mu A$ )	$I_A$ ( $\mu A$ )
0			
3			
6			
9			
12			
15			
18			
21			
24			
28			
30			
40			
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			
120			
130			
140			
150			
160			
170			
180			
190			
200			
210			
220			
230			

240			
250			
260			
270			
280			
290			
300			
310			
320			
330			
340			
350			
360			
370			
380			
390			
400			
410			
420			
430			
440			
450			
460			
470			
480			
490			
500			



**Grafik4.1:** *Geri beslemesiz yük boşaltımı*



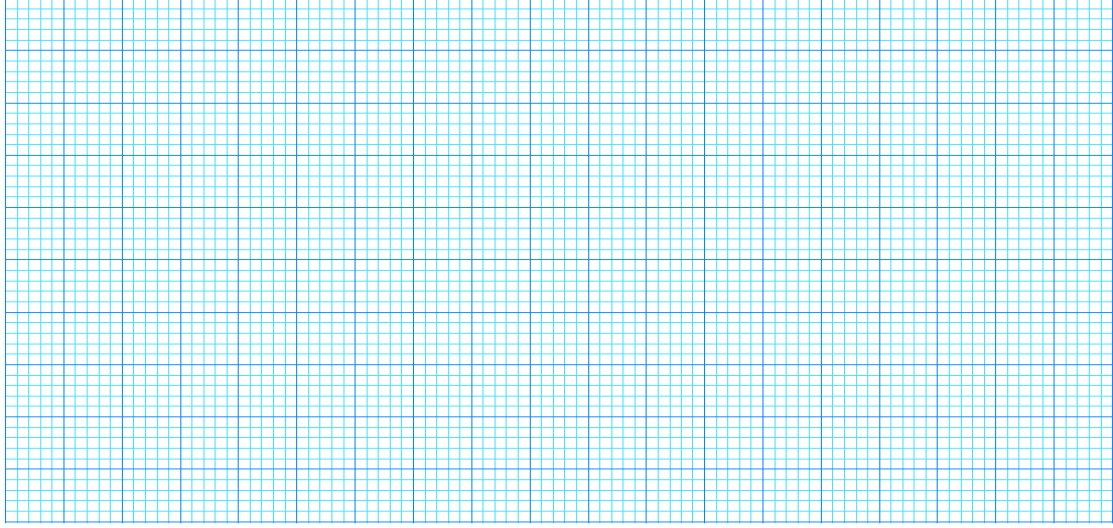
2. Tablo 4.2 'de anot potansiyeline ( $V_A$ ) karşı  $I_A$  anot akımlarını (mA) ölçerek yazınız. Tabloyu oluşturduktan sonra geri beslemeli yük boşaltımı grafiğinizi Şekil 4.7'e benzer bir grafik olarak çiziniz.

**Tablo 4.2. Geri beslemeli veri çizelgesi**

$V_A$ (mV)	$I_A$ (mA)
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	
140	
150	
160	
170	
180	
190	
200	
210	
220	
230	
240	

250	
260	
270	
280	
290	
300	
310	
320	
330	
340	
350	
360	
370	
380	
390	
400	
410	
420	
430	
440	
450	
480	
500	

**Grafik4.2:** *Geri beslemeli yük boşalımı.*



**SORULAR**

**1.Soru:** Klasik fizikten bildiğiniz maddeler arasında meydana gelen esnek ve esnek olmayan çarpışmalar hakkında kısaca bilgi veriniz.

**Cevap:**

**2.Soru:** Bir elektron ile bir atom çarpıştırıldıklarında çarpışma sonucunda atom hangi durumlarda taban durumda kalır hangi durumlarda uyarılmış duruma geçer. Kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**3.Soru:** Kesikli enerji düzeyleri ne demektir? Kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**4.Soru:** Anot ve katot levhaları arasında bir elektrik alanını nasıl oluşturursunuz? Bu iki levha arasına bir ızgara koyduğunuzda elektrik alanı bundan nasıl etkilenir? Kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**5.Soru:** Katot-ızgara arasında meydana gelen  $I_G$  akımının + ya da - olmasının nedenini kısaca açıklayınız.

**Cevap:**

**Sonuç ve Yorum:**

# DENEY 5

## DE BROGLIE HİPOTEZİNİN DOĞRULANMASI ELEKTRON KİRİNİMİ



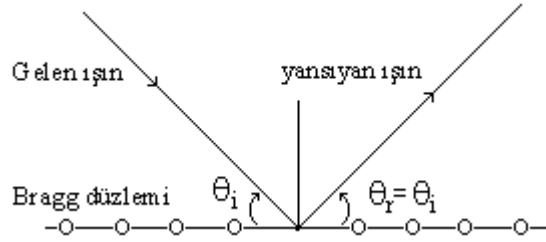
## DENEY 5

**Deneyin adı: DE BROGLIE HİPOTEZİNİN DOĞRULANMASI: ELEKTRON KIRINIMI**

**Deneyin amacı:** De Broglie hipotezinin deneysel olarak doğrulanması. Elektronların tanecik ve dalga karakteristikleri elektron kırınım tüpü ile görünür hale getirilebilir ve incelenebilir. Kuantum fiziğindeki diğer deneylere göre kristal ızgarada elektron kırınım metodu avantajlıdır. Çünkü kırınım elde edilen görüntü floresan ekran yardımıyla görüntülenebilir ve bunun için sadece kompakt bir test aleti gerekir. Elektron kırınım tüpü dalga-tanecik ikilisinin elektronlara uygulanabilirliğini esas alarak de Broglie hipotezi'nin deneysel olarak dikkate değer doğrulukta kanıtlanmasına olanak tanır.

**5.1. TEORİ**

Max Van Laue 1912 yılında kristallerdeki atomların belli bir düzen içinde dizilmelerinden dolayı kristallerin X-Işınları için kırınım ızgarası olarak kullanılabileceğini iddia etmiştir. X-ışınları  $1 \text{ \AA}$  'luk dalga boyu olan bir elektromanyetik radyasyondur. Bu, tipik bir kristaldeki atomlar arası mesafe ile aynı mertebededir.

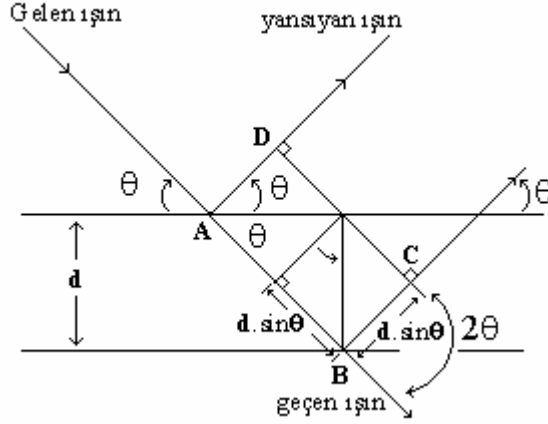


Şekil 5.1. Işığın atomik düzlemde kırınımı.

$d$  aralıklı paralel Bragg düzlemlerinden yansıyan radyasyon Şekil 5.2'de görüldüğü gibi yapıcı girişime uğrayarak şiddetli bir yansıma hüzme oluşturabilir.

Yapıcı girişimin koşulu iki X-ışını arasındaki yol farkının ( $2d\sin\theta$ ) dalga boyunun tam katlarına eşit olmasıdır:

$$m\lambda = 2d\sin\theta \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (5.1)$$



Şekil 5.2. Bragg Kırılması

Elektron kırınımını gözleyen ilk deneyler C. J Davisson ve L. H. Germer tarafından yapılmıştır. Bu deneyden kısa bir süre sonra 1927'de G. P. Thomson elektronların ince metal tabakalardan geçişini araştırmıştır. Eğer elektronlar parçacıklar gibi davranırsa geçen hüzmelerin bulanık bir görüntü oluşturması gerekirdi. Ancak, Thomson sadece dalga davranışıyla açıklanabilecek dairesel kırınım desenleri gözledi. Bu de Broglie'nin hipotezini kuvvetlendirdi.

Daha sonra, yapılan termal (düşük enerjili) nötron kırınım deneyleri de-Broglie hipotezini güçlendirmiştir.

### Örnek:

60 Kev'lik bir ince elektron hüzmesi bir gümüş polikristal tabakadan geçiyor. Gümüş kristallerdeki atomlar arası uzaklık 4.08 Å dır. Tabakanın 40 cm arkasına yerleştirilmiş bir ekrandaki birinci mertbe kırınım deseninin yarıçapını hesaplayınız?

$$\lambda = \frac{hc}{pc} = \frac{hc}{\sqrt{E^2 - E_0^2}} = \frac{hc}{\sqrt{(K + E_0)^2 - E_0^2}} \quad (5.2)$$

$$\lambda = \frac{12.4 \times 10^3}{\sqrt{(60 \times 10^3 + 511 \times 10^3)^2 - (511 \times 10^3)^2}} = 0.0487 \text{ Å}$$

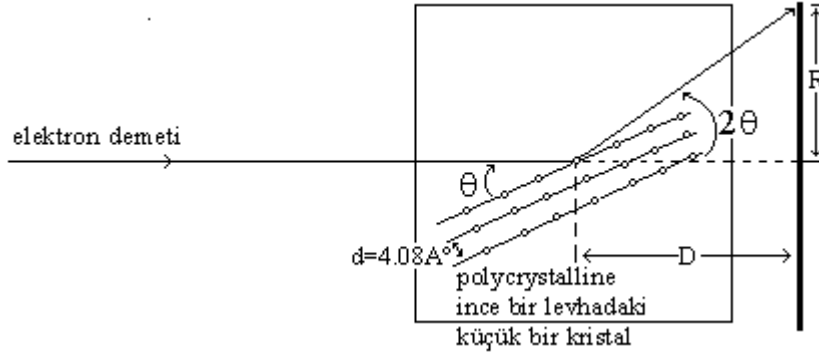
Birinci mertbeden Bragg yansımaları için,

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{2d} = \frac{0.0487}{2(4.08)} = 0.342 \quad (5.3)$$

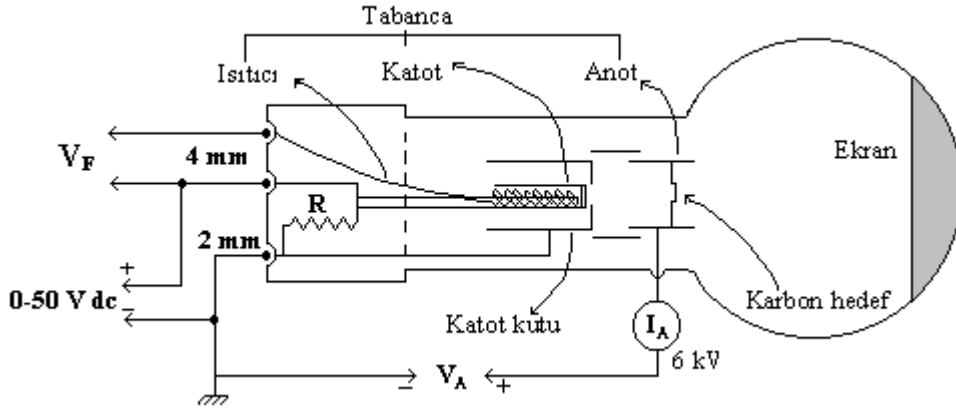
dır. Birinci mertebede ( $m=1$ ) küçük açılar için kırınım koşulundan  $\sin\theta \approx \theta$  dır. Şekil 5.3’de görüldüğü gibi birinci mertebeden kırınım deseni yarıçapı;

$$R = D \tan(2\theta) = 40 \tan(0.684) = 0.478 \text{ cm} \quad (5.4)$$

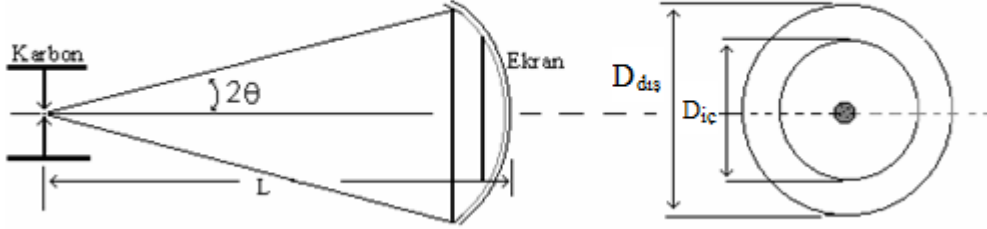
denkleminde bulunur.



Şekil 5.3. Bragg Kırınımı için düzenek



Şekil 5.4. Devre Diyagramı.



Şekil 5.5. Karbon hedeften çıkan ışığın görüntüsü.

**Not:** Karbon hedefteki tabanca çıkışıdan ışıldayan aynaya kadar olan mesafeyi geri yansıma tekniği kullanarak mümkün olduğu kadar hassas biçimde ölçünüz ( $0.140 \pm 0.003\text{m}$ ).

## 5.2. Deney

### 5.2.1. Deneyde kullanılan cihaz ve malzemeler

- Bir adet 5 kV'lık DC Güç kaynağı
- Bir adet tüp (Tel 505)
- Bir adet tüp sehpası
- İki adet 2 mm'lik ve 4 adet 4 mm'lik fişli kablo
- Bir adet cetvel

### 5.2.2. Deney düzeneğinin kurulması

- 1) Şekil 4'deki düzeneğe göre 2mm ve 4mm kabloları bağlayınız.
- 2) 2 mm'lik kablo bağlantısını sadece negatif çıkışa bağlayınız.

### 5.2.3. Deneyin yapılışı

- 1- Benzer bir hesaplama karbon kullanılarak ve bu atomik sistem kübik kabul edilerek yapılabilir. 12 g karbon  $6 \times 10^{23}$  atom içerir (Avagadro sayısı) karbon yoğunluğu yaklaşık  $2 \text{ g/cm}^3$  karbon  $10^{23}$  atom içerir. Öyleyse komşu karbon atomların arasındaki uzaklık  $3\sqrt{10}$  veya 0.2 nm den biraz fazla olacaktır.
- 2- Karbonun kırınım deneyi için uygun bir ızgara oluşturacağı beklenebilir. Çünkü, de Broglie denklemi elektronların 0.002 nm'lik dalga boyunu 4kV'lık potansiyel farkında hızlandırıldıklarında kazandığını gösterir.
- 3- Elektron saptırma tüpünü Şekil 5.4'deki devreye bağlayınız. Isıtıcıyı açınız ve yaklaşık bir dakika kadar katot'un ısınmasını bekleyiniz.
- 4- E.H.T. ayarlarını 4.0 kV' a ayarlayınız.



#### 5.2.4. Deneysel Verilerin Hesaplanması

Bir merkezi nokta etrafında halka gözlenir. İç halkanın yarıçapı hesaplanan 14 mm' ye yaklaşır. Anot voltajındaki değişim yarıçapta değişime neden olur. Voltajda azalma yarıçapta artmaya yol açar. Bu de Broglie'nin; "momentum azalırken dalga boyu artar" hipotezi ile uyum sağlamaktadır. Elektronun parçacık özelliği için kanıtlar daha önce bulunduğu optikteki eşine çok benzeyen bu deney elektronun dalga özelliği ve dolayısıyla ikili doğasını (parçacık-dalga) açığa çıkarmıştır.

Maddesel parçacığın de Broglie dalgaboyu,

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (5.5)$$

dir ve h, Planck sabiti; v hızdır ve klasik ifadeden elde edilir.

$$e.V_a = \frac{1}{2}mv^2 \quad (5.6)$$

Bunu de Broglie bağıntısında yerine koyarsak;

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV_a}} = 1.23[V_a]^{-\frac{1}{2}} \text{ nm} \quad (5.7)$$

bulunur. Birinci mertebede (m=1) küçük açılar için kırınım koşulundan:

$$\lambda = d\theta \quad (5.8)$$

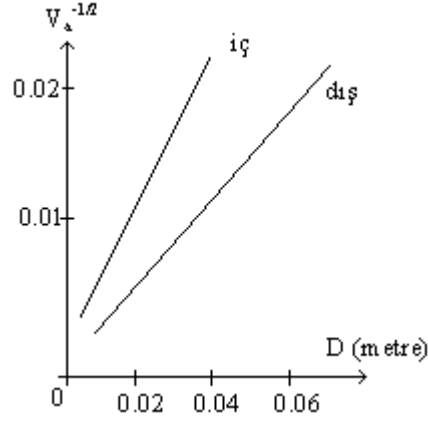
dir.  $\theta$  açısı Şekil 5.5' in geometrisinden hesaplanabilir:

$$\theta = \frac{D/2}{L} \quad (5.9)$$

(5.7) denkleminden;

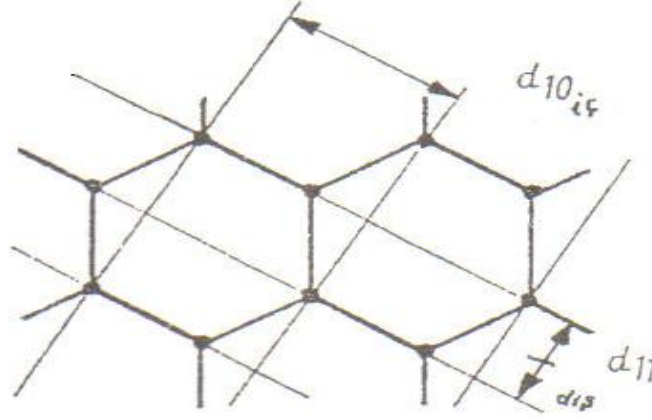
$$D \frac{d}{2L} = 1.23[V_a]^{-\frac{1}{2}} \quad (5.10)$$

elde edilir. Denklem (5.10)'daki değişkenler D ve  $V_a$ ' dır. Farklı D'ler için  $V_a$  anot voltajı ölçülür ve D ve  $[V_a]^{-\frac{1}{2}}$ , oranlarına göre, Şekil 5.6'da olduğu gibi grafiği rapor kısmındaki grafik kağıdına çizin ve d atomlar arası mesafeyi hesaplayarak yüzde hatayı bulunuz.



Şekil 5.6. İç ve dış halkaların değişim oranı.

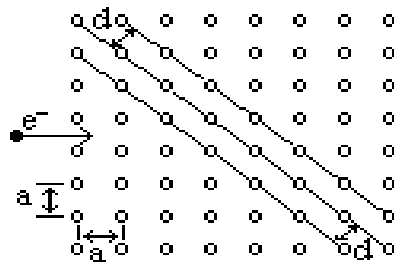
Aralık düzeni  $\sqrt{3}:1$  gösterir ki, karbon atomları düzenlenmesi farz edildiği gibi kübik değil altıgendir.



Şekil 5.7. Karbon atomlarının düzenlenmesi (altıgen)

**Uyarı:**

- Tel (ısıtıcı) voltajı ( $V_f$ ) : 6.3 V ac/dc(0 V, max)
- Anot (hızlandırıcı) Voltajı ( $V_A$ ) : 2.500-5000 V dc (6000 V, max)
- Anot Akımı ( $I_A$ ) : 4000 V (0.20mA, max) da 0.15 mA



Şekil 5.8. Kaya tuzunun Bragg düzlemi

### 5.3.Sonuç ve Rapor: DE BROGLİE HİPOTEZİNİN DOĞRULANMASI

**Ad Soyad:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

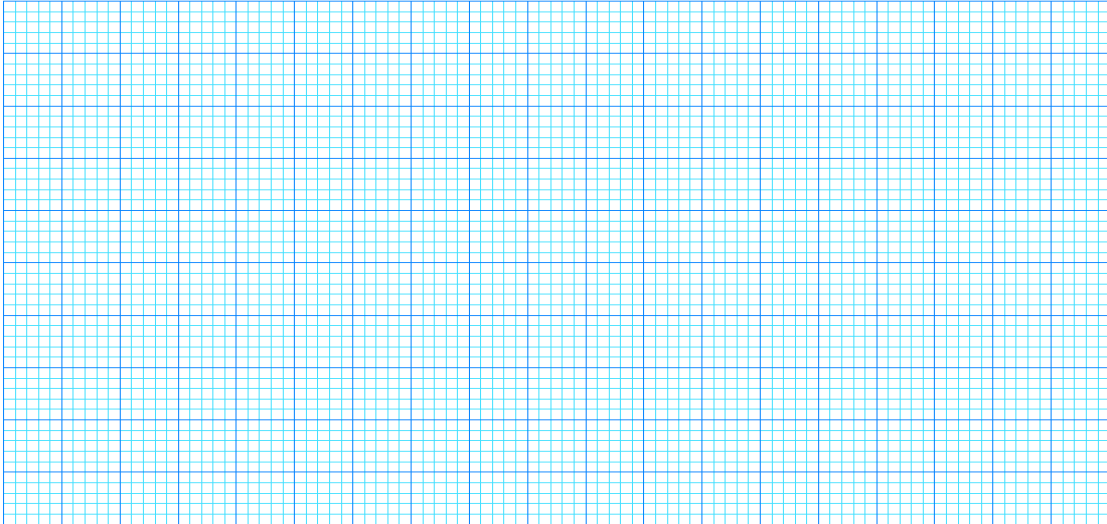
**Tarih:** .....

1. Denklem (5.10)'u,  $d$  atomlar arası uzaklığını, Şekil 5.6'da verilen grafikte iç ve dış halkaların grafiklerinin eğimlerinden hesaplayacak şekilde yeniden düzenleyiniz. Hesapladıklarınızı bilinen  $d_{11}$  (0.123) ve  $d_{10}$  (0.213) nm değerleriyle karşılaştırınız. Bu sonuçlardan teoriyi ve de Broglie hipotezini doğrulayınız

$V_a$	$V_a^{-1/2}$	D (metre)	
		İç	Dış
kV	Volt		
2.5	0.0200		
3.0	0.0183		
3.5	0.0169		
4.0	0.0158		
4.5	0.0149		
5.0	0.0141		

**Tablo 5.1**

**Grafik 5.1:** İç ve dış halkaların değişim oranı. [ $V_a^{-1/2}$  -  $D_{iç}$  ve  $D_{dış}$  değişme oranı]



**Hesaplamalar:**

***Sorular***

**1.Soru:** 0.083 eV bir nötron hüzmesi bilinmeyen bir kaynaktan yayılmaktadır ve Bragg yansıma zirvesinin merkezi  $22^\circ$  'de olduğu gözlenmiştir. Bragg düzlemi aralığı nedir?

**Cevap:**

**2.Soru :** Bir kristal madde  $1.1 \text{ \AA}$  ile ayrılmış Bragg düzlemlerine sahiptir. 2 eV'luk nötronlar için en yüksek mertebeden Bragg yansıması nedir?

**Cevap:**

**3.Soru:**Kaya tuzu her bir kenar uzunluğu  $a=5.68 \text{ \AA}$  olan kübik kafes yapıdadır. Şekil 8 'de bir kaya tuzu üzerine gelen bir elektron demeti görülmektedir:

a) Kesik çizgilerle verilen kafes düzlemleri arasındaki mesafe nedir?

b) Elektronlarını kesik çizgilerle işaretlenmiş düzlemlerden kuvvetli bir biçimde yansıması için hangi en küçük potansiyel aralığında hızlandırılmaları gerekir?

**Cevap:**

**4.Soru:** De Broglie dalga boyu, 100 keV 'luk X-ışınımının dalga boyu ile aynı olan elektronun kinetik enerjisi ne kadar olur?

**Cevap:**

**5.Soru:** 1929 yılında de Broglie'nin Nobel fizik ödülünü almasına neden olan çalışması nedir?

**Cevap:**

**Sonuç ve Yorum:**

# DENEY 6

## ELEKTRONLARIN MANYETİK ALANDA SAPMASI ( $e/m$ tayini)



**DENEY 6****Deneyin Adı: ELEKTRONLARIN MANYETİK ALANDA SAPMASI  
(e/m 'tayini)**

**Deneyin Amacı:** Düşey düzlemdeki bir levha (ekran) üzerine düşürülen bir elektron demetinin elektrik ve manyetik alan içindeki hareketini incelemek ve akımla uygulanan alanlar arasındaki ilişkiyi gözlemektir.

**6.1. TEORİ****6.1.1. Manyetik Alan**

Uzayda bir noktada bir deneme yüküne etkileyebilecek bir manyetik kuvvet cinsinden manyetik alan vektörü  $\vec{B}$  tanımlayabiliriz. Deneme yükün  $\vec{v}$  hızıyla hareket eden bir parçacık olarak alınabilir. Şimdilik, yükün bulunduğu bölgede hiçbir elektrik ya da yerçekimi alanı bulunmadığını varsayalım. Bir manyetik alan içerisinde hareket eden çeşitli yüklü parçacıklara etki eden manyetik kuvvet,

$$\mathbf{F}=q.(v \times \mathbf{B}) \quad (6.1)$$

ile verilir. Burada manyetik kuvvetin yönü  $v \times \mathbf{B}$ ' in yönündedir. Bu kuvvetin yönü, vektörel çarpımın gereği hem  $v$ ' ye hem de  $\mathbf{B}$ ' ye diktir. Bu vektörel çarpımın yönünü sağ-el kuralına göre bulabiliriz. Manyetik kuvvetin büyüklüğü,

$$F=qvB \sin \theta \quad (6.2)$$

şeklinde yazılır. Burada  $\theta$ ,  $v$  ve  $B$  arasındaki açıdır. Manyetik kuvvet  $\theta = 0$  'da sıfır ve  $\theta = 90^\circ$  'de maksimum değerini alır.

Yüklü bir parçacık kararlı bir manyetik alan içerisinde hareket ettiğinde, ona etkiyen manyetik kuvvetin her zaman yer değiştirmesine dik oluşu nedeniyle,

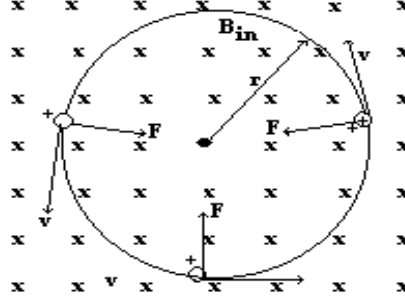
$$\mathbf{F}.ds=(\mathbf{F}.v)dt=0 \quad (6.3)$$

dır. Çünkü manyetik kuvvet,  $v$  ye dik bir vektördür. Bu özellikten ve iş-enerji teoreminden, yüklü bir parçacığın kinetik enerjisinin, yalnızca bir manyetik alanla değiştirilemeyeceği görülür. Yani,  $v$  hızı ile hareket eden bir yüke uygulanan manyetik alan onun hız vektörünün yönünü değiştirebilir fakat büyüklüğünü (şiddetini veya kinetik enerjisi) değiştiremez.

**6.1.2. Yüklü Bir Parçacığın Manyetik Alan İçindeki Hareketi**

Manyetik alan içinde hareket eden yüklü bir parçacığa etkiyen kuvvet her zaman parçacığın hızına diktir. Şimdi burada düzgün bir manyetik alan içinde hareket eden pozitif yüklü bir parçacığı ele alalım ve bunun hız vektörünün başlangıçta alana dik olduğu özel bir durumu göz önüne alalım ve manyetik alanın sayfanın içine doğru olduğunu varsayalım. Şekil 6.1'de görüldüğü gibi "x" işaretleri  $\mathbf{B}$ ' in kuyruğunu belirtmektedir. Sayfa düzleminden dışa doğru yönelmiş bir vektörün

ucunu belirtmek için ise nokta kullanacağız. Şekil 6.1, yüklü parçacığın düzlemi manyetik alana dik olan bir çember üzerinde hareket ettiğini göstermektedir.



**Şekil 5.1.** Pozitif yüklü ( $q^+$ ) bir parçacığın hızı düzgün bir manyetik alana dik olduğunda, parçacık, düzlemi  $\mathbf{B}$  'ye dik olan çember biçimli yörüngede hareket eder. ( $\mathbf{x}$ - manyetik alanın sayfa düzleminin içine doğru olduğunu gösterir).

Bunun nedeni,  $\mathbf{F}$  manyetik kuvvetinin  $\mathbf{v}$  ve  $\mathbf{B}$  ile dik açı yapması ve  $q\mathbf{v}\mathbf{B}$  ye eşit sabit bir büyüklüğe sahip olmasıdır. Şekil 1'de görüldüğü gibi  $\mathbf{F}$  kuvveti parçacığı saptırdıkça  $\mathbf{v}$ 'nin yönleri sürekli değişir. Bu nedenle  $\mathbf{F}$  kuvveti merkezci bir kuvvettir. Bu kuvvet, yalnızca hızın yönünü değiştirir. Dönme yönü pozitif bir yük için saat yönünün tersidir ve negatif bir yük için ise saat yönünde olacaktır. Çapsal doğrultudaki  $\mathbf{F}$  bileşke kuvvetinin büyüklüğü  $qvB$  olduğundan, bunu merkezci kuvvete eşitleyebiliriz ve *Newton*'un ikinci yasasından,

$$F = q v B = \frac{mv^2}{r} \quad (6.4)$$

eşitliği yazılır. Burada,  $v$ , elektronun hızı;  $B$ , manyetik alan;  $e$ , elektronun yükü;  $m$ , elektronun kütlesi ve  $r$  yörüngenin yarıçapıdır. Buradan yörüngenin yarıçapı,

$$r = \frac{mv}{qB} \quad (6.5)$$

elde edilir. Dönen yüklü parçacığın açısal frekansı (siklotron frekansı),

$$\omega = \frac{qB}{m} \quad (6.6)$$

bağıntısı ile verilir. Parçacığın hareketinin periyodu,

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (6.7)$$

dir.



### 6.1.3. Elektrik Alan ve Manyetik Alan İçindeki Yüklü Parçacıkların Hareketi

Yüklü bir parçacık  $v$  hızıyla hem manyetik hem de elektrik alan içinde hareket ederse, dolayısıyla her iki kuvvetin etkisinde kalacaktır. Bu yüke etki eden kuvvet Lorentz kuvvetidir ve

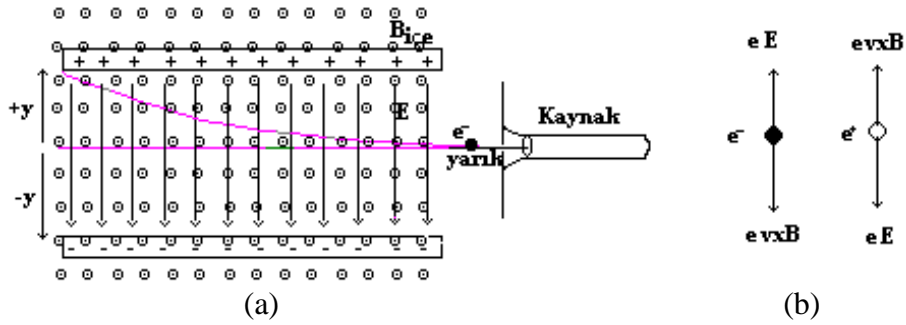
$$\mathbf{F} = q.\mathbf{E}+q.(v \times \mathbf{B}) \quad (6.8)$$

eşitliği ile verilir.

Yüklü parçacıkların hareketini incelerken, aynı hızla hareket eden parçacıkların oluşturduğu bir kaynak kullanılabılır. Şekli 6.2’de görüldüğü gibi bir elektrik ve manyetik alan bileşimi uygulanacaktır. Düşey olarak aşağı doğru yönelmiş bir elektrik alanı bir çift yüklü paralel levha ile oluşturulur. Düzgün bir manyetik alan ise kağıt düzlemine dik olarak uygulanır( $x'$  lerle gösterilmiştir).Yük pozitif ise manyetik kuvvet yukarı, elektrik kuvvet ise aşağı yönde olduğunu görürüz. Eğer elektrik kuvveti, manyetik kuvveti dengeleyecek biçimde seçilirse, parçacık düz bir yatay çizgi boyunca ilerler ve sağdaki yarıktan çıkar. Buna göre,

$$v = \frac{E}{B} \quad (6.9)$$

elde ederiz. Aşağıdaki yapılacak uygulamada,  $\mathbf{E}$  ve  $\mathbf{B}$  bu özel hızı verecek şekilde ayarlanacaktır.



**Şekil 6.2.** (a) Negatif yüklü bir parçacık dışa doğru (O) bir manyetik alanın ve aşağı doğru bir elektrik alanın aynı anda etkisindedir. (b) Yüklü parçacık üzerine etki eden kuvvetlerin diyagramı

## 6.2. DENEY

### 6.2.1. TEL 525 Tüpünde Elektromanyetik Sapma

TEL 525 saptırma tüpüne saptırıcı levhaların her ikisi de anot potansiyelinde olmak üzere Şekil 6.3’de gösterilen devreye bağlayınız. Devreyi açınız ve demetin sapmadığını gözleyiniz. Sonra Şekil 6.4’de görüldüğü gibi TEL 502 Helmholtz bobinlerine gerekli bağlantıyı yapınız ve enerji veriniz. Ekrandan şunları gözleyiniz.

a)  $V_a$  Gerilimini önceden ayarlayınız ve sabit tutunuz, bobin akımı ( $I_b$ ) artıka yarıçapın azaldığını gözleyiniz.

b)  $I_b$  akımını önceden ayarlayınız ve sabit tutunuz,  $V_a$  anot potansiyelindeki artışla, yarıçap artar. Bu hızın daha büyük olduğunu gösterir.

c) Hüzmenin yörüngesi daire şeklindedir, sapma elektromanyetik alana dik bir düzlemedir.

### 6.2.2. Manyetik Alandaki Sapmadan $e/m$ 'in Saptanması

$e/m$  'in daha duyarlı ölçümleri, elektronların hızının,

$$eV_a = \frac{1}{2}mv^2 \quad (6.10)$$

eşitliğiyle yönetildiği kabul edilerek yapılabilir. Soldaki terim elektronun çıkıştaki potansiyel enerjisini, sağdaki terimde manyetik alanlı bölgeye girdiğindeki kinetik enerjisini ifade eder. (6.10) ve (6.4) eşitliklerinin birleştirilmesiyle,

$$\frac{e}{m} = \frac{2V_a}{B^2 r^2} \quad (6.11)$$

elde edilir. Burada,  $q=e$ , olarak alınmıştır;  $r$ , (6.5) eşitliğine göre bulunan dairesel yörüngenin yarıçapıdır.

$B$  manyetik alanı ise,

$$B = \frac{32n\pi}{5\sqrt{5}} \frac{I_b}{r_B} 10^{-7} \text{ Weber/m}^2 \quad (6.12)$$

eşitliği ile verilir. Burada,

$n$  : Helmholtz bobinin sarım sayısı (320 sarım)

$r_B$ : Helmholtz bobinin yarıçapıdır ve 0.068 m

$I_b$ , bobine uygulanan akım (Tablo 1'deki değerler).

olarak ifade edilir.

Eşitlik (6.12)'de görüldüğü gibi  $I_b$  'nin dışındaki bütün terimler sabittir ve değeri ise  $4.231 \times 10^{-3} \text{ Weber/m}^2$  'dir. Böylece eşitlik (6.12) yeniden düzenlenirse,

$$B = 4.231 \times 10^{-3} I_b \text{ Weber/m}^2 \quad (6.13)$$

eşitliği elde edilir.

### 6.2.3. TEL 525 Tüpünde Elektrostatik Sapma

Bu deney için Helmholtz bobinindeki kablo bağlantılarını çıkarınız ve bir tanesi katot potansiyelinde tutulan saptırıcı iki levha arasına bir  $V_p$  potansiyel farkı uygulandığında ve hüzmenin Şekil 6.2'de görüldüğü gibi, E elektrostatik alanı tarafından dairesel olmayan eğri bir yörüngeye saptırıldığını gözleyin. Yörüngenin,

$$y = \frac{1}{2} \left( \frac{e}{m} \right) E \frac{x^2}{v^2} \quad (6.14)$$

eşitliği ile verilen bir parabol olduğu gösterilebilir. Burada,  $y$ ; lineer bir  $x$  uzaklığında yapılan sapmadır.  $E$ , elektrik alan;  $x$ , saptırıcı plakanın boyu;  $v$ , elektronun hızıdır. Verilen (6.11) ve (6.13) eşitliklerinde  $e$ ,  $m$  ve  $v$  gibi üç bilinmeyen vardır. Eğer  $e$  ve  $m$  birleştirilirse  $e/m$  ve  $v$  bu iki denklemden çözülebilir.

#### 6.2.4. Sapmadan $e/m$ Oranının Saptanması

Thompson, eğer bir  $E$  şiddetindeki elektrik alanı bir  $B'$  manyetik alanına dik doğrultuda ve aynı zamanda iki sapma aynı düzlemde fakat zıt yönlerde olacak şekilde  $v$  hızlı bir elektrona uygulanırsa, bunların

$$E.e = B'.e.v \quad (6.15)$$

olacak şekilde dengelendiğini göstermiştir. Buradan elektronun hızı (6.9) eşitliğinde olduğu gibi,

$$v = \frac{E}{B'} \quad (6.16)$$

eşitliğine göre bulunur. Şekil 6.3'deki devreyi bağlayınız ve levhalar arasına önceden ayarladığınız sabit bir  $V_p$  potansiyelini uygulayınız ve Helmholtz bobinindeki  $I_B$  akımı değiştirerek denge şartlarını kurunuz.(Aşağıda verilen deneysel sonuçlara bakınız).

$$E = \frac{V_p}{d} \quad (6.17)$$

Burada,  $V_p$ ; uygulanan potansiyel ve  $d$  levhalar arasındaki uzaklıktır.

$$B' = I_B k \quad (6.18)$$

Burada,  $k$  bir sabittir. Bu alanlar (6.16) eşitliğinde  $v$  yerine koyulursa  $e/m$  bulunur. Verilmiş bir hız için yörüngenin  $r$  yarıçapı ile  $B$  manyetik alanının çarpımının sabit olduğu eşitlik (6.5)'ten görülmektedir. Denge durumundaki  $B'$  'ne karşılık gelen  $r'$  'yi ölçmek yerine sabit bir  $r$  yarıçapı belirlemek ve buna karşılık gelen  $B'$  'yi ölçmek pratik açıdan daha uygundur. (6.5), (6.16) ve (6.17) eşitlikleri birleştirilirse  $e/m$  'yi ölçülebilen büyüklükler cinsinden şöyle ifade edebiliriz:

$$\frac{e}{m} = \frac{V_p}{BB' dr} = \frac{V_p}{II' k^2 dr} \quad (6.19)$$

eşitliğine göre  $e/m$  değeri bulunur. Burada, orijinden (anottan çıkış aralığında ) ve  $(x, \pm y)$  noktalarından geçen daire için,

$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y} \quad (6.20)$$

yazılabilir.

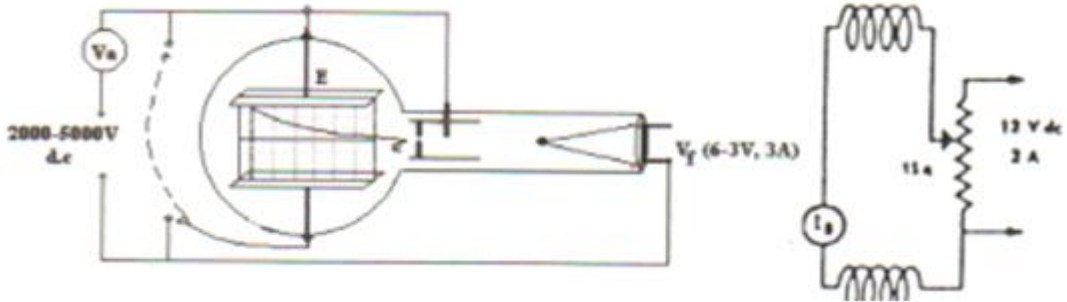
**Not:** Bazı tüplerde graticula anotta değildir ve bir düzeltme yapılmalıdır.

### 6.2.5. Deneyde Kullanılan Malzemeler

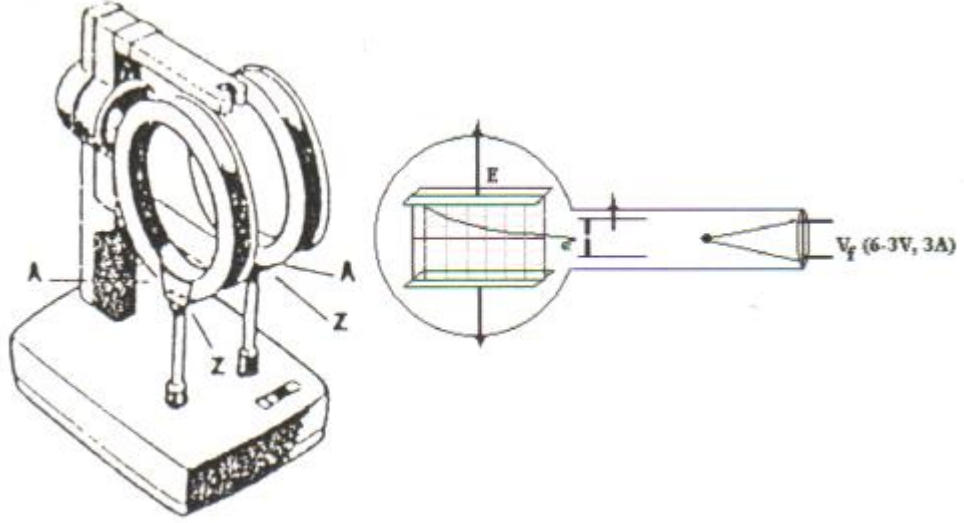
- İki adet Helmholtz bobini (TEL 502)
- Beş adet 4mm'lik fişli kablo
- Bir adet saptırma tüpü (TEL 502)
- Bir adet tüp sehpası
- Bir adet 5kV'lık DC güç kaynağı
- Bir adet 30V- 3A'lık DC güç kaynağı

### 6.2.6. Devrenin Kurulması

Bu malzemeleri elde ettikten sonra devreyi Şekil 6.3'de görüldüğü gibi Şekil 6.4'de görülen deney seti üzerinde bağlayınız ve kablo bağlantılarını bir kez daha kontrol ediniz. Hocanıza gösterdikten sonra deneyinizi yapmaya başlayabilirsiniz.



Şekil 6.3. Devre diyagramı



Şekil 6.4. Deney seti.

### 7.2.7. Deneyin Yapılışı

- 1- Deneysel verileri almaya başlamadan önce 5kV'lık güç kaynağını açınız ve elektron demetinin düşey levha üzerindeki izlerinden sapmadığını gözleyiniz. Sonra akım kaynağından yavaş yavaş akımı artırıp azaltmak suretiyle ekranda sapmanın arttığını ve azaldığını gözleyiniz.
- 2- Şimdi tekrar akımı sıfıra getiriniz ve aşağıdaki deneysel sonuç bölümündeki tabloyu inceleyiniz. Artık Tablo 6.1'de belirtilen akım değerlerine göre verilerinizi almaya başlayabilirsiniz.

**ÖNEMLİ NOT:** Veri alma işi bittikten sonra hemen *cihazınızı kapatınız!!*

### 6.2.6. Sonuçlar:

Bu metotla elde edilen  $e/m$  değerleri genelde yaklaşık 2 faktörü civarında bir hata verir. En büyük hata kaynağı elektrik alanının, saptırma levhalarının geometrisinden dolayı teorik değerden farklı olmasıdır.

**6.3.Sonuç ve Rapor: ELEKTRONLARIN MANYETİK ALANDA SAPMASI**

**Ad Soyad:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

**Tarih:** .....

1. Tablo 6.1'e göre aldığınız deneysel verileri kullanarak  $e/m$  ve  $v$  'yi hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçlarınıza göre deneyinizi kısaca yorumlayınız.

**Tablo 6.1.** Deney veri kayıt tablosu ( $10 \pm 2.6$ ) noktalarından geçen daire için ayarlanmalıdır.

$V_a$ (volt)	$I_B$ (Amp)	$x_i$ (cm)	$y_i$ (cm)	$r_i$ (m)	$B_i$ ( $4.231 \times 10^{-3} I_B$ )	$(e/m)_i$ (C/kg)	$v_i$ (m/s)
2000	0.1						
2000	0.2						
2000	0.3						
3000	0.1						
3000	0.2						
3000	0.3						
4000	0.1						
4000	0.2						
4000	0.3						

**Hesaplamalar ve Yorum:**

**SORULAR**

**1.Soru :** Akımın artışıyla manyetik alan nasıl değişmektedir?

**Cevap :**

**2.Soru :**Yük üzerine etki eden kuvvetlerin vektörel diyagramını çiziniz.

**Cevap :**

**3.Soru :**  $e/m$  değerlerini neden inceliyorsunuz?

**Cevap :**

**4.Soru :**  $e/m$  değerleri akımın artışıyla nasıl değişmektedir? Açıklayınız.

**Cevap :**

**5.Soru :**  $e/m$  değeri ile hız ve sapma arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.

**Cevap :**

**6.Soru :** Manyetik alandaki değişimle elektronun hızı değişir mi, neden?

**Cevap :**

**7.Soru :** Anot potansiyelindeki artışla elektronun hız nasıl değişir? Açıklayınız.

**Cevap :**

**8.Soru :** Yüklü bir parçacık düzgün bir manyetik alan içerisinde, hızı,  $B$  manyetik alanı ile keyfi bir açı yapacak bir biçimde hareket ederse, yolun şekli nasıl olur? Gösteriniz.

**Cevap :**

# DENEY 7

## FOTOELEKTRİK OLAY





**DENEY 7****Deneyin adı: FOTOELEKTRİK OLAY**

**Deneyin amacı:** Fotoelektrik olay ve fotoelektrik akımın gözlenmesi,  $\phi_0$  koparma enerjisinin bulunması.

**7.1. TEORİ**

Fotoelektrik olay, üzerine ışık düşen bir metal yüzeyinden elektronların salınması olayıdır. 1905 yılında Einstein, ışığın enerjisini küçük paketlerde veya fotonlarda toplanmış olduğunu düşünerek fotoelektrik olayının anlaşılabilirliğini gördü.

Fotoelektrik olayla ilgili, klasik fizikle (ışığın bir EM dalga olması) açıklanamayan üç önemli sonuç vardır: (i) Deneysel duyarlılıklar içinde ( $\approx 10^{-9}$ sn), ışığın metal yüzeye gelişi ile fotoelektronların yayılması arasında bir zaman aralığı yoktur. Fakat bir EM dalgadaki enerji, dalga cephelerine dağıldığından, tek bir elektronun metalden çıkmaya yeterli enerjisi (birkaç eV) toplayabilmesi için, bir süre geçmesi gerekir. Bir sodyum yüzeyi  $10^{-6}$  W/m<sup>2</sup>'lik EM enerji soğurduğunda, bir fotoelektron akımı oluşur. Bir atom kalınlığında ve 1 m<sup>2</sup> alanı kaplayan bir sodyum tabakasında,  $10^{19}$  civarında atom vardır. Eğer düşen ışık en üstteki atom tabakası tarafından soğurulursa, her atom  $10^{-25}$  W'lık bir hızla enerji alır. Bir atomun bu hızla, sodyum yüzeyinden yayılan fotoelektronların gözlenen enerjileri büyüklüğünde bir enerji toplayabilmesi için, bir ayın üstünde bir zaman gerekir. (ii) Parlak bir ışık, aynı frekanstaki sönük bir ışıktan daha çok fotoelektron verir, fakat elektron enerjileri aynı kalır. Işığın EM kuramı, tersine, daha şiddetli ışık için daha büyük elektron enerjileri öngörür. (iii) Işığın frekansı arttıkça, fotoelektronların enerjileri de artar. Mavi ışık kırmızı ışıktan daha yüksek enerjili elektron çıkarır. Her metalin karakteristiği olan belli bir  $\nu_0$  kritik frekansının altında, elektron yayımlanmaz.  $\nu_0$ 'ın üstünde ise fotoelektronların enerjisi, 0 ile frekansla lineer olarak artan bir en büyük değer arasında değişir. Bu gözlem de ışığın EM kuramı ile açıklanamaz.

Önemli bu üç deneysel gözlemi Einstein'ın hipoteziyle açıklamak mümkündür. Buna göre, ışığın kuantum kuramında, enerji sadece EM dalgalara ayrı kuantumlar halinde verilmekle kalmamakta, fakat dalgalardan da ayrı kuantumlar halinde taşınmaktadır.

Fotoelektrik olay sırasında elektron kopmasına neden olan ışık taneciklerine foton adı verilir. Işık, metal yüzeyine çarpınca bu fotonlar metal tarafından soğurulur ve enerjilerini elektronlara aktarırlar. Kazanılan bu enerji, elektronu bağlı bulunduğu atomdan koparmaya yetecek kadar ise elektron koparılabilir, artan enerji ise kinetik enerjiye dönüşeceğinden elektron harekete geçmektedir.

**7.1.1. Koparma Enerjisi**

Belli bir metal yüzeyinden bir elektronun sökülebilmesi için gereken en küçük enerjiye *koparma enerjisi* denir ve

$$\Phi_0 = h \nu_0 \quad (7.1)$$

bağıntısı ile verilir. Koparma enerjisi daha büyük olan metallerin yüzeyinden bir elektronun ayrılması için gerekli enerji daha büyük olur. Böylece fotoelektron yayımlamanın başladığı kritik frekans yükselir. Bir elektronu bir metal yüzeyinden sökmek için gereken enerji, bir elektronu o metalin bir serbest atomundan çıkarmak için gerekenin yaklaşık yarısı kadardır. Bazı metallerin fotoelektrik koparma enerjileri Tablo 7.1'de verilmiştir. Einstein'a göre, belli bir metalde fotoelektrik olay,

$$h\nu = K_{\text{maks}} + \Phi_0 \quad (7.2)$$

bağıntısı ile verilir. Burada  $h\nu$ , foton enerjisi;  $K_{\text{maks}}$ , en büyük fotoelektron enerjisi;  $\Phi_0$ , bir elektronun metalden ayrılması için gerekli enerjidir. (7.1) eşitliği (7.2) 'de yerine yazılırsa en büyük fotoelektron kinetik enerjisi için

$$K_{\text{maks}} = h(\nu - \nu_0) \quad (7.3)$$

ifadesi elde edilir. Bu bağıntıya göre,  $K_{\text{maks}}$  'ın  $\nu$ 'ye göre değişimini veren doğrunun eğimi  $h$  Planck sabitine eşit olmalıdır. Bir fotonun enerjisi,

$$E_{\text{foton}} = h \nu \quad (7.4)$$

eşitliği ile verilir. Bu elektron-volt cinsinden,

$$E_{\text{foton}} = (4.136 \times 10^{-15}) \nu \text{ eV} \quad (7.5)$$

şeklinde yazılabilir. Eğer ışığın  $\lambda$  dalga boyu biliniyorsa bir fotonun enerjisi,

$$E_{\text{foton}} = \frac{1.240 \times 10^{-6}}{\lambda} \text{ eV} \quad (7.6)$$

eşitliğine göre bulunur. Burada  $\lambda$ 'nin birimi m olarak alınacaktır. Dolayısıyla birim yüzeye birim zamanda ulaşan foton sayısı,

$$n_{\text{foton}} = \frac{E/A}{E_{\text{foton}} t} = \frac{P/A}{E_{\text{foton}}} = \frac{P}{A E_{\text{foton}}} \quad (7.7)$$

eşitliğine göre bulunur. Burada  $P, A$ 'ya ulaşan güçtür. Gelen bu fotonların tamamı fotoelektron yayımlayamaz ve dolayısıyla %  $n$  'inin fotoelektron yayımladığı düşünülürse, buna göre fotoelektronların yayımlanma hızı ( birim zamanda, birim yüzeyden yayımlanan fotoelektron sayısı),

$$n_e = (\% n) n_{\text{foton}} \quad (7.8)$$

ifadesiyle belirlenir. Bir fototüpün ışığa duyarlı elemanından sökülebilen fotoelektronlar, gelen toplam foton sayısının ancak yüzde bir kaçı (% n) kadardır.

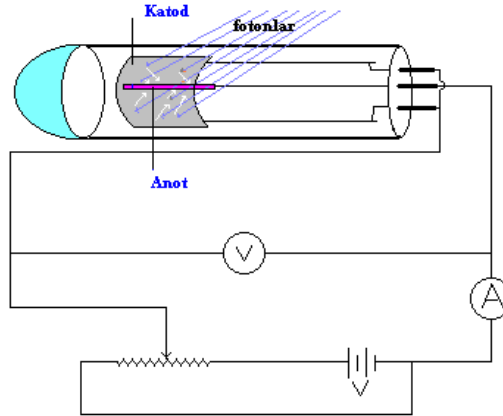
Bir ışık kaynağının şiddeti saniyede saldırdığı foton sayısıdır. Fotoelektrik akımın şiddeti, ışık şiddetiyle doğru orantılıdır.

Tablo 7.1. Bazı metallerin iyonlaşma ve koparma enerjileri

Metal	Simge	İyonlaşma enerjisi (eV)	$\Phi$ (eV)
Sezyum	Cs	3.9	1.9
Potasyum	K	....	2.2
Sodyum	Na	....	2.3
Lityum	Li	....	2.5
Kalsiyum	Ca	....	3.2
Bakır	Cu	....	4.7
Gümüş	Ag	....	4.7
Platin	Pt	....	6.4

## 7.2. DENEY

Şekil 1'de görüldüğü gibi havası boşaltılmış bir cam tüpün içerisinde karşılıklı olacak şekilde yerleştirmiş iki elektrot vardır. Bu elektrotlardan birisi belli bir yüzey alanına sahiptir ve gelen ışığı görecektir şekilde yarım silindirik bir metalden oluşmaktadır. Yarım silindirik metal plaka katot görevi yapmaktadır. Bunun iç yüzeyini görecektir şekilde tam ortasına da ince metal bir tel yerleştirilmiştir. Bu tel anot görevi yapmaktadır. Bunlar Şekil 7.1'de görüldüğü gibi bir güç kaynağı ve bir galvanometre üzerinden birbirine bağlanmıştır. Bu yüzeyden çıkan fotoelektronlardan bazılarının enerjileri, anoda erişmeye yeterlidir. Bu elektronlar ölçülen akımı oluştururlar. Voltaj birkaç volt mertebesindeki belirli bir  $V_0$  değerine yükseltildiğinde, sıfıra düşen akımın işaret ettiği gibi, fotoelektronlar artık anoda ulaşmazlar. Bu durdurma potansiyeli en büyük fotoelektron kinetik enerjisine karşılık gelir ( $K_m=eV_0$ ).



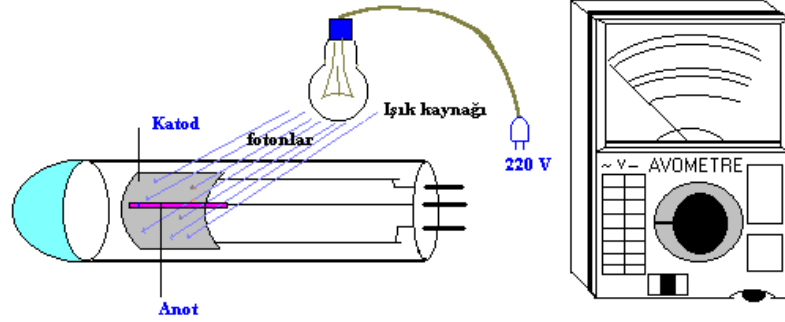
Şekil 7.1. Fotoelektrik deneyinin devre diyagramı

### 7.2.1. Deney için gerekli malzeme;

- Fototüp
- Galvanometre
- Voltmetre
- DC güç kaynağı
- Işık kaynağı
- Ayarlı potansiyometre

### 7.2.2. Deney Düzenliğinin Kurulması

Bu materyalleri elde ettikten sonra Şekil 7.1'deki elektriksel devreyi Şekil 7.2'de görülen deney seti üzerinde bağlayınız, kablo bağlantılarını bir kez daha kontrol ediniz. Kurmuş olduğunuz deney setini hocanıza gösterdikten sonra deneyinizi yapmaya başlayabilirsiniz.



Şekil 7.2. Deney seti

### 7.2.3. Deneyin yapılışı

- 1-Şimdi ışık ve DC güç kaynağını açınız. Güç kaynağında uyguladığımız gerilim (potansiyel farkı) sıfır iken galvanometrede bir  $I_0$  akımı gözleyiniz. Bu akımı deneye başlamadan önce gözleyebileceğiniz en küçük akım değerine getiriniz. Bunu için fototüpün içinde bulunduğu kutuyu ışık kaynağından uzaklaştırarak gerçekleştirebilirsiniz.
- 2-Bundan sonra gerilimi DC güç kaynağından eşit şekilde (Avometre kullanarak 2 şer volt aralıklarda) artırarak her gerilim değeri için galvanometreden bir akım değeri okuyunuz ve bu ölçümü 30 değer için yapınız. Deneyin bu kısmından sonra devrenin güç kaynağına bağlı uçlarını ters bağlayınız ve güç kaynağını “**stand-by**” konumuna getiriniz. Bir süre sonra voltmetrenin göstergesi hızla azalmaya başlayacaktır ve tam 1 volt civarına geldiğinde galvanometrenin göstergesinde çok küçük bir sapma başladığı anda voltmetrede gözleyeceğimiz değeri okuyunuz. Aldığınız bu verileri Tablo 7.2'deki gibi düzenleyiniz ve I - V grafiğini çiziniz.
- a- Deneyinizin ikinci aşamasında, güç kaynağında gerilim uygulamadan elde ettiğiniz  $I_0$  akımını sıfırlayan  $V_0$  gerilimini bulmak için devreyi güç kaynağına ters bağlayınız.
- b- Okuduğunuz bu değeri Tablo 7.2'ye kaydediniz.

**2.4.Sonuç ve Rapor: FOTOELEKTRİK OLAY**

**Ad Soyad:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

**Tarih:** .....

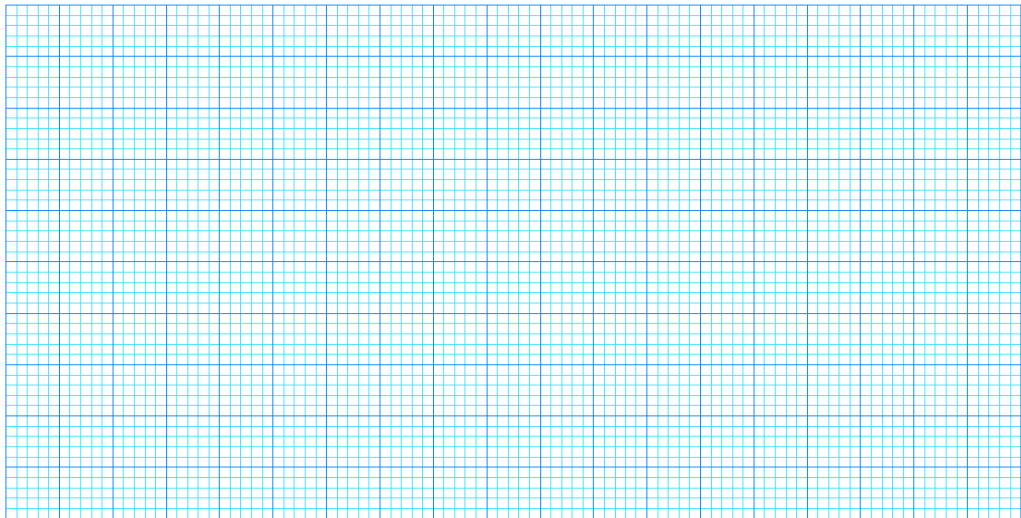
1. Deneyin birinci kısmında elde ettiğiniz verileri Tablo 7.1'e kaydediniz ve I - V grafiğini grafik kağıdına çiziniz.

**Tablo 7.1. Veri kayıt tablosu**

Gerilim (V)	Akım ( $\mu$ A)	$V_0$ (V)
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		

30	
32	
34	
36	
38	
40	
42	
44	
46	
48	
50	
52	
54	
56	
58	
60	

**Grafik 7.1: I - V grafiği**



2. Deneyinizin ikinci aşamasında, güç kaynağında gerilim uygulamadan elde ettiğiniz  $I_0$  akımını sıfırlayan  $V_0$  gerilimini bulmak için devreyi güç kaynağına ters bağlayınız ve okuduğunuz bu değeri Tablo 7.2'ye kaydediniz.

**Tablo 7.2.** Veri kayıt tablosu

Gerilim (V)	Akım ( $\mu\text{A}$ )	$V_0$ (V)
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		

30	
32	
34	
36	
38	
40	
42	
44	
46	
48	
50	
52	
54	
56	
58	
60	

3. Tablo 7.2'de kaydettiğiniz verilerinizi teori bölümünde verilen bağıntılar yardımıyla değerlendiriniz. Sonra deneysel olarak elde ettiğiniz bulgulara göre sizden istenen değerlendirmeleri yapınız ve sonuçlarınızın doğru olup olmadıklarını ve hatalı ise % hatalarınızı hesaplayınız ve bulduğunuz sonucu yorumlayınız.

**Hesaplamalar ve Yorum:**

### **SORULAR**

**1.Soru :** Kullanılan fototüpün özelliklerini yazınız.

**Cevap :**

**2.Soru :** Fototüpte üzerine ışık düşürerek elektron sökülen metali saptayınız.

**Cevap :**

**3.Soru :** Durdurma potansiyeli neden 1'den küçük olmaktadır?

**Cevap :**

**4.Soru :** Hızlandırma potansiyeli artırılırsa akım neden artmamaktadır?

**Cevap :**

**5.Soru :** Bu deneyle iyonlaşma enerjisi saptanabilir mi, neden?

**Cevap :**

**6.Soru :** Herhangi bir madde üzerine gönderilen bir fotonun bu maddeden enerji koparabilmesi için hangi durumlar gereklidir? Açıklayınız.

**Cevap :**

*Sonuç olarak, Einstein'nin fotoelektrik etki ile ilgili varsayımını yaptığınız deney ile doğruladığınızı düşünüyor musunuz? Açıklayınız.*

# DENEY 8

## ISIL IŞINIM SİSTEMLERİ (STEFAN-BOLTZMANN YASASI)





**DENEY 8****ISIL IŞINIM SİSTEMLERİ (STEFAN-BOLTZMANN YASASI)****DENEYİN AMACI**

Bir referans sıcaklığı civarında fitilin sıcaklığının, öz direnç sıcaklık katsayısı ( $\alpha$ ) kullanılarak hesaplanması.

**8.1. TEORİ**

Karacisim; üzerine düşen radyasyonu yansıtmayan ya da saçmayan, fakat bu radyasyonu soğuran ve daha sonra tekrar yayınlayan cisim olarak tanımlanmaktadır. Karacisim, gerçeği yer yüzünde olmayan ideal bir radyatördür. Bununla beraber doğada bir çok cisim karacisime benzer davranışlar gösterir. Kara cisim ışınması cismin şeklinden ve yapıldığı maddeden bağımsız olup sadece sıcaklığına bağlıdır. Radyasyonun dalga boyuna göre dağılımı sadece sıcaklığın bir fonksiyonudur ve Planck kanunu ile verilir. T mutlak sıcaklığındaki karacisim v frekansındaki radyasyonun şiddeti;

$$B_v(T) = \frac{2hv^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{hv/kT} - 1} \quad (8.1)$$

olup, burada;

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \quad Js \text{ (planck sabiti)}$$

$$c = 3 \times 10^8 \quad ms^{-1} \text{ (ışık hızı)}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \quad JK^{-1} \text{ (Boltzmann sabiti)}$$

ve şiddetin tarifinden  $B_v$ 'nin birimi ( $Wm^{-2}Hz^{-1}stread^{-1}$ )'dir. Kara cisim ışınması yüzeyine gelen bütün radyasyonu (yüzeyinden yansıyanı da) soğuran, kapalı bir oyukta meydana getirilebilir. Bu oyukun içiyle yüzeyleri aynı sıcaklığa sahip olup dengededirler ve yüzeyler aşındıkları bütün enerjiyi yayınlırlar. Radyasyon enerjisi hiç durmadan yüzeylerin atomlarının termal enerjisine ve tekrar radyasyona dönüştüğünden, kara cisim radyasyonuna termal radyasyon da denir. Eşitlik (8.1)'e göre (Planck kanunu) verilen karacisim spektrumu süreklidir. Katı cisimlerin spektrumu da süreklidir; böyle spektrumlar plannk kanununa yaklaşabilirler.

Planck kanunu aynı zamanda dalga boyunun fonksiyonu olarak da ifade edilebilir. Artan dalga boylarına azalan frekanslar karşılık geldiğinden  $B_v dv = -B_\lambda d\lambda$  yazılabilir. Diğer taraftan,  $v = c/\lambda$  olduğundan,

$$\frac{dv}{d\lambda} = -\frac{c}{\lambda^2} \quad (8.2)$$

$$B_\lambda = B_v d\lambda \frac{dv}{d\lambda} = -B_v \frac{c}{\lambda^2} \quad (8.3)$$

veya

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (8.4)$$

dir.  $B_{\nu}$  ve  $B_{\lambda}$  fonksiyonları toplam şiddet olarak da tarif edilebilirler:

$$B(T) = \int_0^{\infty} B_{\nu} d\nu = \int_0^{\infty} B_{\lambda} d\lambda \quad (8.5)$$

Yukarıdaki birinci integrali kullanarak toplam şiddet bulunmak istendiğinde;

$$B(T) = \int_0^{\infty} B_{\nu} d\nu = \frac{2h}{c^2} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\nu^3 d\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (8.6)$$

yazılır. Bu integralde  $x = h\nu/kT$  ve  $d\nu = (kT/h)dx$  değişken dönüşümleri kullanılırsa,

$$B(T) = \frac{2h}{c^2} \cdot \frac{k^4}{h^4} T^4 \int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1} \quad (8.7)$$

olur. Buradaki  $\int_0^{\infty} \frac{x^3 dx}{e^x - 1}$  integrali özel yöntemler ile çözüldüğünde  $\frac{\pi^4}{15}$  olduğu bulunur.

Buradan,  $A = \frac{2k^4}{c^2 h^3} \cdot \frac{\pi^4}{15}$  gibi bir sabit olmak üzere

$$B(T) = A \cdot T^4 \quad (8.8)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada A sabit bir katsayıdır ve değeri  $A = \frac{2k^4}{c^2 h^3} \cdot \frac{\pi^4}{15}$  değerine eşittir. B şiddetindeki izotropik radyasyon (her yöne aynı şekilde yayılan) için akı yoğunluğu, F,

$$F = \pi B \quad (8.9)$$

veya

$$F = \sigma T^4 \quad (8.10)$$

ile verilir. Burada

$\sigma = \pi A$  : sabit terimi Stefan-Boltzmann sabiti olarak anılır ve  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$  değerine eşittir.

Stefan-Boltzmann yasasından yıldız gibi bir cismin yüzey parlaklığı ile sıcaklığı arasındaki ilişki bulunabilir. Eğer incelenecek cisim bir kara cisim gibi davrandığı

varsayılırsa, ve bu cismin yarı çapı  $r$  ise ve yüzey alanı  $4\pi r^2$  ve yüzeyindeki akı yoğunluğu  $F$  ise, bilindiği gibi

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (8.11)$$

Burada  $L$  enerji insinden toplam akıyı ifade etmektedir. Bu eşitliği eşitlik 6 ile birleştirdiğimizde

$$L = 4\pi\sigma r^2 T^4 \quad (8.12)$$

yazılabilir. Bu ifade cismin yüzeyine düşen toplam radyasyon akısıdır. Bu ifade incelenecek cismin tüm yüzeyi den çıkan etkin sıcaklığı tanımlar. Eşitlik 8.8'den görüldüğü gibi cismin çıkardığı akı yarıçapının karesi ve sıcaklığının dördüncü kuvveti bir birine bağlı olarak değişmektedir.

Bu deneyde sıcak bir cisimden yayımlanan ve bir yüzeye düşen toplam ışıınım gücü, sıcaklığa bağlı olarak hesaplanacaktır.

Deney sırasıyla, ters kare yasası ve Stefan-Boltzmannn yasası (yüksek sıcaklıklarda) olmak üzere iki aşamada yapılacaktır.

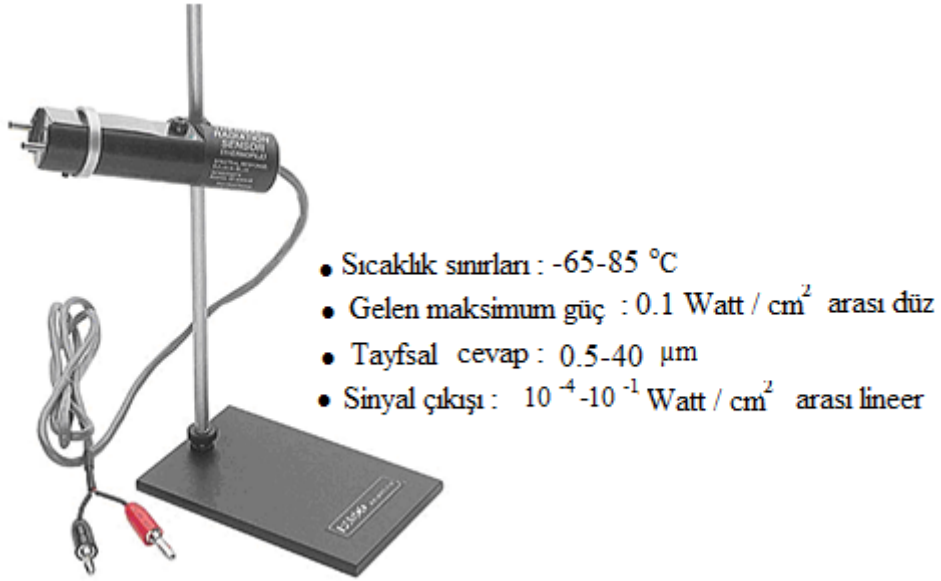
## 8.2 Deney İçin Gerekli Olan Aletler

İki deneyde de kullanılan aletler aşağıda verilmiştir.

- Işınım Alıcısı (duyarlılığı; 22mV/mW)
- Güç Kaynağı (12V d.c. , 3 A)
- Ampermetre
- Cetvel
- Milivoltmetre
- Stefan -Boltzmannn Lambası (max, 12 V, 3 A)
- Voltmetre

### 8.2.1. Işınım Alıcısı

Şekil 1'de görülen ışıınım alıcısı, üzerine gelen ısı ışıınımının bağıl şiddetinin hesaplanmasında kullanılır. Alıcı, ışıınım şiddetiyle orantılı olarak bir voltaj değeri üreten bir minyatür termoelektrik pilden yapılmıştır.



Şekil 8.1. Işınım alıcısı.

**Dikkat:** *Kapak açıldığında veya kapandığında alıcının konumu istemeyerek de olsa değişebilir. Bu nedenle, alıcı konumu kritiktir.*

### 8. 2.2. Stefan -Boltzmann Lambası

10<sup>-4</sup> -10<sup>-1</sup> Şekil 2' deki lamba yüksek sıcaklıkta bir ısı ışınım kaynağıdır.

**Dikkat :** *Lambaya 12 volttan fazla gerilim uygulamayınız.*



Şekil 8.2 Stefan -Boltzmann Lambası.

Küçük sıcaklık değişiklikleri için, tungsten fitilin sıcaklığı, fitilin özdirenç sıcaklık katsayısının ( $\alpha$ ) kullanılmasıyla aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir.

$$T = \frac{R - R_{ref}}{\alpha R_{ref}} + T_{ref} \quad (8.13)$$

Burada;

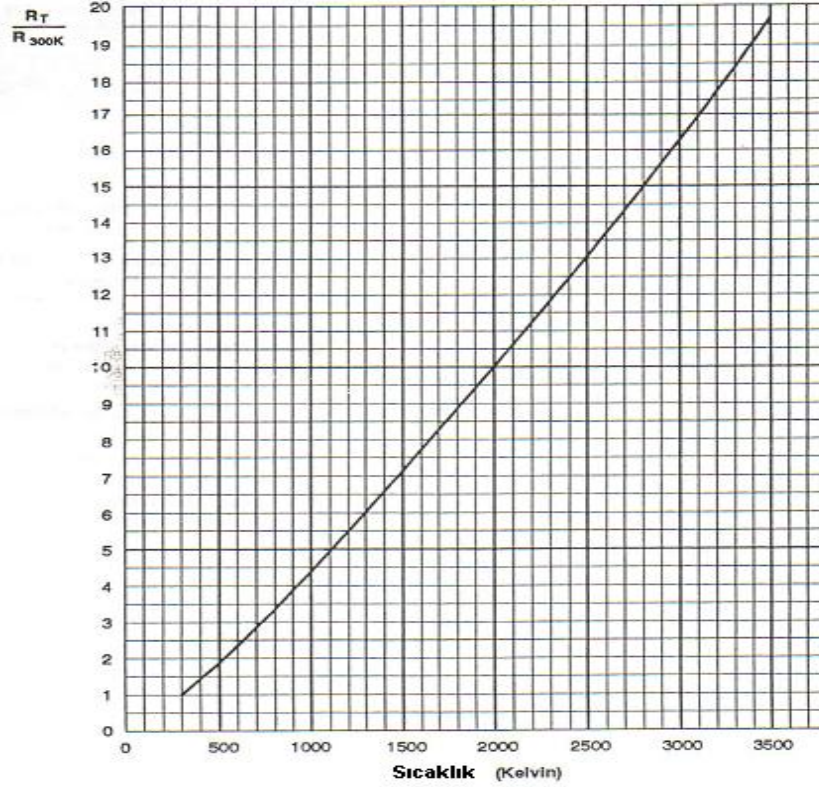
$T$ ; sıcaklık,  $R$ ;  $T$  sıcaklığında direnç,  $T_{ref}$ ; referans sıcaklığı (genelde oda sıcaklığı alınır).  
 $R_{ref}$ ;  $T_{ref}$  sıcaklığında direnç,  $\alpha$ ; Fitolin öz direnç sıcaklık katsayısı =  $4.5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$   
 (Tungsten için)

Büyük sıcaklık farkları için ,  $\alpha$  sabit değildir ve yukarıdaki formül geçersizdir.  
 Büyük sıcaklık farklarında Tungsten fitilin sıcaklığı şöyle hesaplanır:

- 1) Oda sıcaklığında ( $\approx 300 \text{ } ^\circ\text{K}$ ) Tungsten fitilin direncini ( $R_{ref}$ ) duyarlı olarak hesaplayınız. Duyarlık burada çok önemlidir.  $R_{ref}$ 'deki küçük bir hata fitilin sıcaklığını bulurken büyük hatalara sebep olur.
- 2) Fitolin sıcak iken, fitilden geçen akımı ve fitilin gerilimini ölçerek, buradan ( $R_T$ ) direncini hesaplayınız.
- 3)  $R_T$ ' yi  $R_{ref}$  'e bölerek ( $R_T / R_{ref}$ ) bağıl direnci bulunuz.
- 4) Hesapladığınız bağıl öz direncin değerini kullanarak Tablo 8.1'den veya grafikten buna karşılık gelen fitil sıcaklığını bulunuz.

**Tablo 8.1.** Tungsten'in farklı sıcaklıklarda direnci.

R/R <sub>300°K</sub>	Sıc. (°K)	Özdirenç	R/R <sub>300°K</sub>	Sıc. (°K)	Özdirenç	R/R <sub>300°K</sub>	Sıc. (°K)	Özdirenç
1.00	300	5.65	6.58	1400	37.19	13.08	2500	73.91
1.43	400	8.06	7.74	1500	40.36	13.72	2600	77.49
1.87	500	10.56	7.71	1600	43.55	14.34	2700	81.04
8.34	600	13.23	8.28	1700	46.78	14.99	2800	84.70
8.85	700	16.09	8.86	1800	50.05	15.63	2900	88.33
3.36	800	19.00	9.44	1900	53.35	16.29	3000	98.04
3.88	900	21.94	10.03	2000	56.67	16.95	3100	95.76
4.41	1000	24.93	10.63	2100	60.06	17.62	3200	99.54
4.95	1100	27.94	11.24	2200	63.48	18.28	3300	103.30
5.48	1200	30.98	11.84	2300	66.91	18.97	3400	107.20
6.03	1300	34.08	18.46	2400	70.39	19.66	3500	111.10
						26.35	3600	115.00



Şekil 8.3. Tungstenin direnç-sıcaklık değişimi.

### 8.3. Deneyin Yapılışı

#### 8.3.1. Deney A.

##### 8.3.1.1. Ters Kare Yasası

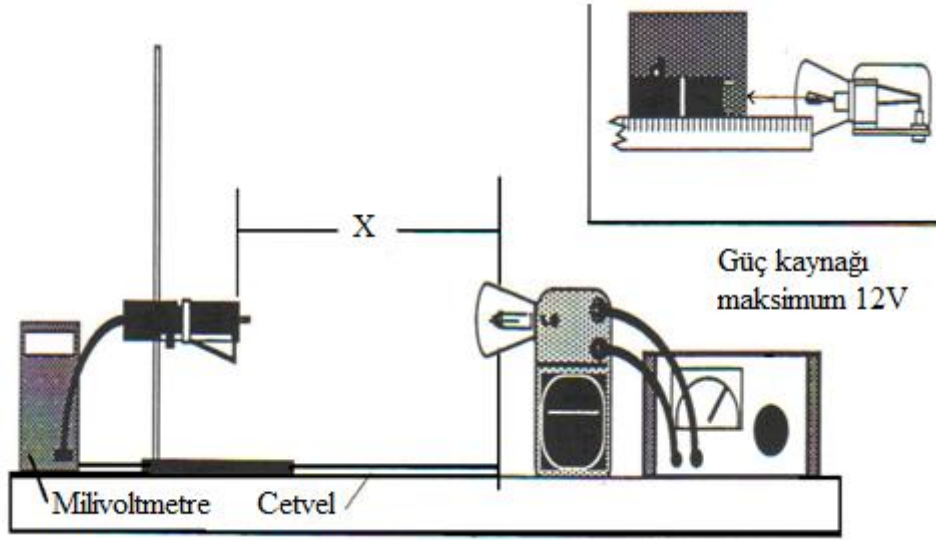
Ters kare yasasını ispatlamak için; denklem (8.7)'de verilen eşitliği kullanınız. Bilindiği gibi denklem 8.7 birim zamanda küre yüzeyi gelen enerjiyi ifade eder. Burada küreden kastedilmek olan şudur; Deneyde kullanacağınız lamba her yöne eşit miktarda ışınım yayar. Yayılan bu ışınımın her birini bir küre olarak düşünebiliriz. Kaynağa yakın olan yerlerde ışınım şiddeti yüksek, kaynaktan uzaklaştıkça ışınımın şiddeti eşitlik (8.7)'ye göre uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Işık kaynağını ölçüm cihazına yaklaştırıp uzaklaştırarak ışınım şiddetinin değişim değerleri tespit edilebilir. Bu amacı gerçekleştirmek için aşağıdaki işlemleri sırasıyla yapınız.

1) Deney düzeneğini Şekil 8.4'de gösterildiği gibi kurunuz.

- Cetveli düzeneğe yatay olarak yerleştiriniz.
- Stefan-Boltzmann Lambasının fitilini (akkor kısmı) cetvelin sıfır noktasına gelecek şekilde cetvelin bir ucuna yerleştiriniz.
- Işınım Alıcısı ile Stefan-Boltzmann Lambasının fitili aynı yükseklikte olmalıdır.
- Alıcıyı cetvel üzerinde kaydırduğunuzda, lambanın eksenini alıcının eksenine mümkün olduğu kadar çakışacak şekilde alıcı ve lambayı ayarlayın.
- Işınım Alıcısını milivoltmetreye, Stefan-Boltzmann Lambasını da güç kaynağına bağlayınız.

- 2) Lamba kapalı durumda iken ışınım alıcısını 10 cm'den başlayarak 100 cm'ye kadar 10 cm aralıklarla kaydırılarak voltmetreden (mV) değerleri okuyunuz ve uzaklığa göre bunu Tablo 8.2' ye yazınız. Bu mV değerlerinin ortalamasını alınız, bulduğunuz bu değere çevredeki ısı ışınım düzeyi adı verilir. **Sadece Lambanın katkısını hesaplamak için ölçümlerden bu değer çıkarılması gerekir.**
- 3) Voltajı 10 volt civarına ayarlayınız. Lambanın güç kaynağını açınız.
- 4) Tablo 8.3' deki verileri hızlı biçimde alarak kaydediniz. Her ölçümden sonra alıcıyı lambadan kademeli olarak uzaklaştırınız.
- 5) Ölçtüğünüz ışınım değerlerinden çevrenin etkisi çıkartınız ve tabloya yazınız.

**Önemli not:** Deney sırasında Stefan –Boltzmann Lambasına 12 volttan fazla gerilim uygulamayınız.



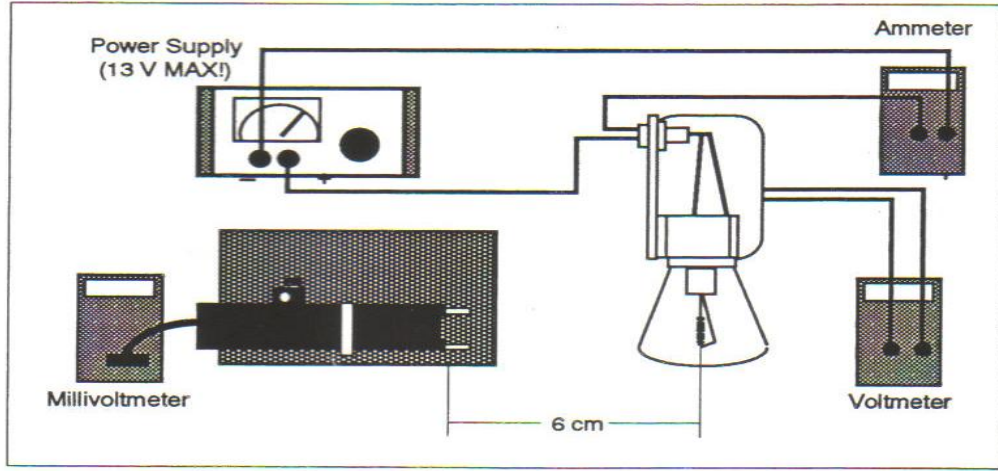
Şekil 8.4. Deney setinin şematik gösterimi

### 8.3.2. Deney B.

#### 8.3.2.1. Stefan-Boltzmann Yasası

Şimdi, eşitlik (8.8)'i kullanarak Stefan Boltzmann sabitini belirlemek için deney düzeniğini Şekil 8.4'de gösterildiği gibi kurunuz.

**Dikkat :** Lambaya 12 volttan fazla gerilim uygulamayınız.



Şekil 8.4. Deney düzeneği.

- 1) Lambayı açmadan önce, Kelvin derece cinsinden ( $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$ )  $T_{\text{ref}}$  ve  $R_{\text{ref}}$  oda sıcaklığındaki lamba fitilinin direncini ölçün. Bulduğunuz değerleri not ediniz.
- 2) Deney setini Şekil 8.4'deki gibi kurarken voltmetreği doğrudan lambaya bağlayınız. Alıcı lambanın fitili ile aynı yükseklikte olmalı ve alıcının önyüzü fitilden 6 cm uzaklıkta bulunmalıdır.
- 3) Güç kaynağını açınız. Tablo 8.4'de istenen verileri alınız. Her volt değeri için Akım (A) ve Işınım (mV) değerlerini ampermetre ve voltmetreden okuyunuz ve tablo 8.3'e kaydediniz.

**Dikkat:** Alıcıdan yapacağınız okumaları hızlıca yapınız.



#### 8.4.Sonuç ve Rapor: ISIL IŞINIM SİSTEMLERİ

**Ad Soyad:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

**Tarih:** .....

- 1) Lamba kapalı durumda iken ışınım alıcısını 10 cm'den başlayarak 100 cm'ye kadar 10 cm aralıklarla kaydırılarak voltmetreden (mV) değerleri okuyunuz ve uzaklığa göre bunu Tablo 8.2' ye yazınız. Bu mV değerlerinin ortalamasını alınız, bulduğunuz bu değere çevredeki ısı ışınım düzeyi adı verilir.
- 2) Her uzaklık değeri (X) için,  $1/X^2$  değerini hesaplayınız. Bunları Tablo 8.3' de gösteriniz.
- 3) Okuduğunuz ışınım değerlerinden çevredeki ısı ışınım düzeyini çıkartarak bir değer bulunuz ve bu değişimi de Tablo 8.3' de gösteriniz.
- 4) Işınım seviyesini 'x' eksenini ve uzaklığı 'y' eksenini alarak grafik kağıdına çizin.

##### Deney A:

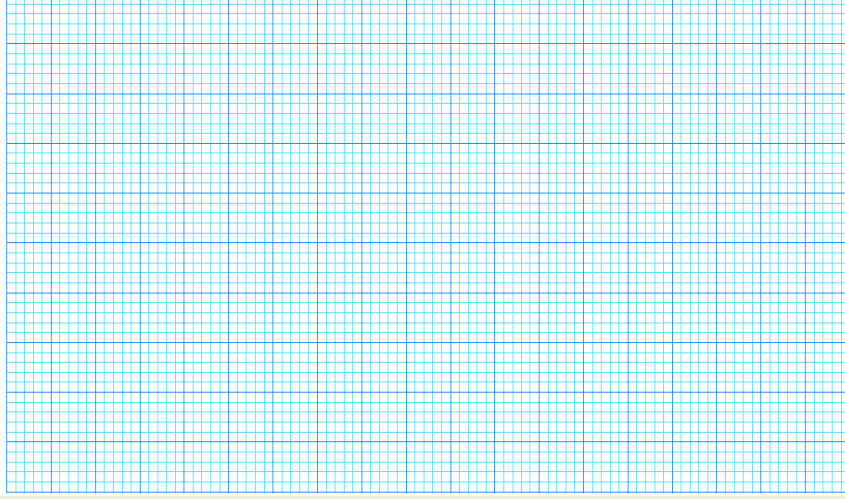
**Tablo 8.2.** Çevre ışınım seviyesi

X (cm)	Çevre ışınım seviyesi (mV)
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
Ortalama çevre ışınım seviyesi = ?	

**Tablo 8.3.** Farklı uzaklık ışınım seviyesi.

X (cm)	Işınım (mV)	$1/X^2$ (cm <sup>-2</sup> )	Işınım-Çevre (mV)
3.0			
4.0			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
25			
30			
35			
40			
45			

**Hesaplamalar:**



1. Ohm yasasından voltmetreden okuduğunuz değer ile ampermetreden okuduğunuz akımı kullanarak direnci ( $R$ ) hesaplayınız,
2. Tablo 1'den bulduğunuz dirence karşılık gelen sıcaklığı belirleyip tablo 8.4'e yazınız.?
3. Bulduğunuz sıcaklığın dördüncü kuvvetini alınız ve Tablo 8.4'e ekleyiniz. Grafik kağıdına  $L$ 'nin  $T^4$  e göre grafiğini çiziniz. Grafiğin eğiminden  $\sigma$  Stefan Boltzmann sabitini hesaplayınız.
4. Bulduğunuz sonucu gerçek değer ile karşılaştırarak yüzde hata hesabını yapınız.

$$\alpha = 4.5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$$

$$T_{ref}(\text{Oda sıcaklığı}) = ? \text{ } ^\circ\text{K} \quad (^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273)$$

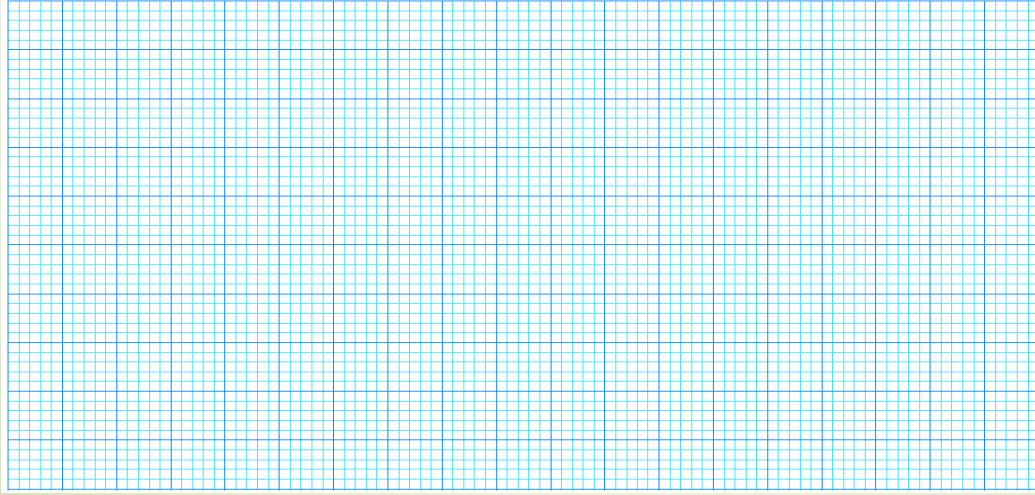
$$R_{ref}(T_{ref}'\text{de fitilin direnci}) = ? \text{ } \Omega$$

**DENEY B:**

**Tablo 8.4.** Veri kayıt ve hesaplamalar.

Veriler			Hesaplamalar		
Gerilim, V (Volt)	Akım, I (Amper)	Işınım (mV)	Direnç, R (Ohm)	Sıcaklık, T (°K)	Sıcaklık, T <sup>4</sup> , (°K <sup>4</sup> )
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

**Hesaplamalar:**



### **SORULAR**

**1.Soru :** Grafiğiniz doğrusal mıdır?

**Cevap :**

**2.Soru :** Stefan-Boltzmann Lambası bir nokta ışınım kaynağı mıdır? Açıklayınız.

**Cevap :**

**3.Soru :** Eğer S.B.L'nin fitilini alıcı eksenine dik olacak şekilde yerleştirip veri alsaydık nasıl bir sonuç ortaya çıkardı?

**Cevap :**

**4.Soru :** Deneyde bulduğunuz sonuçlar ters kare yasasını doğruluyor mu?

**Cevap :**

**5.Soru :** Lambanın fitili ideal bir kara cisim midir?

**Cevap :**

**6.Soru :** Lambanın fitilinden başka, hesaplarınızda etkili ısı ışınım kaynağı var mıdır? Eğer bunları hesaplamalarınızda kullanırsanız sonuca etkisi nasıl olur?

**Cevap :**

**Sonuç ve Yorum :**

# DENEY 9

## TERMOELEKTRİK OLAY

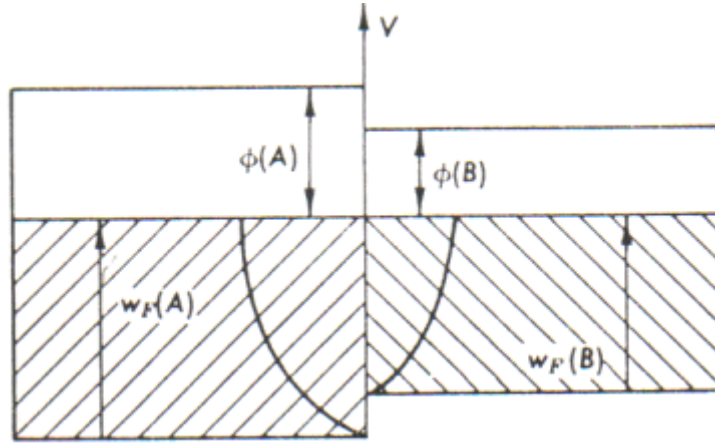


**DENEY 9****Deneyin adı: TERMOELEKTRİK OLAY ( $\alpha_T$ 'nin saptanması)****Deneyin amacı:** Metal kavşaklarında kontak etkilerinin ve termoelektrik olayın incelenmesi ve termoelektrik katsayısının saptanması.**9.1. TEORİ****9.1.1. Termoelektrik Olay**

Metallerdeki serbest elektronlar Fermi denizi içinde bulduklarından  $\sqrt{E}$  ile orantılı durum yoğunluğu ile sürekli enerjilere sahiptirler, izinli enerji bantlarına kısıtlanmamışlardır. Eğer değişik iki metal  $W_F(A)$  ve  $W_F(B)$  gibi farklı Fermi enerjilerine sahipse bu iki farklı metalin iş fonksiyonları da  $\phi(A)$  ve  $\phi(B)$  gibi farklı değerlere sahiptir. İki farklı metal Şekil 9.4'de görüldüğü birbiri ile kaynaştırılırsa bunların enerji diyagramları Şekil 9.1'de görüldüğü gibi birbiri ile birleşecektir. Denge koşulları Fermi enerjilerinin aynı potansiyelde olmasını gerektirir.

B metalindeki bir elektronun  $\phi(B)$  iş fonksiyonunu yenerek metal yüzeyinden salındığını varsayalım. Buradan salınan elektron A metaline doğru hareket ederse A metaline girinceye kadar  $\phi(A)-\phi(B)$  ters potansiyel etkisi açıkça görülecektir. Görülen bu potansiyel farkına "Kontakt Potansiyeli" denir. A metalinden salınıp B metaline doğru giden elektron için kontakt potansiyeli  $\phi(B)-\phi(A)$  ise bir hızlandırma potansiyelidir. Böylece farklı metaller arasındaki akım serbest uzaydaki bir bölüme tamamlandığında kontakt potansiyel farkları (kpf) doğar.

Bir metaldeki tersinir bir ısı akışıyla elektrik akımını birbirine bağlayan üç olaydan kısaca bahsedeceğiz. Bu olayların bir uygulaması ısıl çiftlerdir.



Şekil 9.1. Farklı iki metalin eklem bölgesi (kavşak bölgesi)

**9.1.2. Peltier etkisi (1834)**

İki farklı metal arasında bir devre tamamlanıp kavşaktan akım geçtiğinde, kavşakta akımın yönüne bağlı olarak tersinir (Joule değil) ısınma ve soğuma gerçekleşir. Analitik olarak bu etki,

$$Q = \pi_{AB}(T)q \quad (9.1)$$

şeklinde ifade edilir. Burada Q serbest kalan ısı miktarı; q kavşaktan karşı tarafa geçen toplam yük;  $\pi_{AB}(T)$ , sıcaklığa bağlı *Peltier Katsayısı*dır.

### 9.1.3. Thomson etkisi (1856)

Akım taşıyan ve boyunca bir sıcaklık gradyenti olan bir iletkenin tersinir ısınma veya soğuması demek olan Thomson etkisi, Peltier etkisini tamamlar. Akım geçmeyen fakat iki uç noktası farklı sıcaklıklarda  $T_A > T_B$  bir AB iletkeni düşünün, bunun boyunca ısı transferi olacaktır. Bu yüksek enerjili elektronların A' dan B' ye hareketi nedeniyle olur. Yük transferinin sıfır olması için düşük enerjili elektronlarda B' den A' ya doğru hareket edecektir. Şekil 9.2a' da bu durum gösterilmektedir. Buna göre,

$$J = e(n_2v_2 - n_1v_1) = 0 \quad (9.2)$$

bağıntısı geçerli olmaktadır.

Eğer S ısı transferi oranı olmak üzere  $E_2 = E_A - E$  ve  $E_1 = E - E_B$  ortalama ısı enerjiden olan fazlalık veya eksiklik ise .

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = (n_2v_2E_2 - n_1v_1E_1) = S \quad (9.3)$$

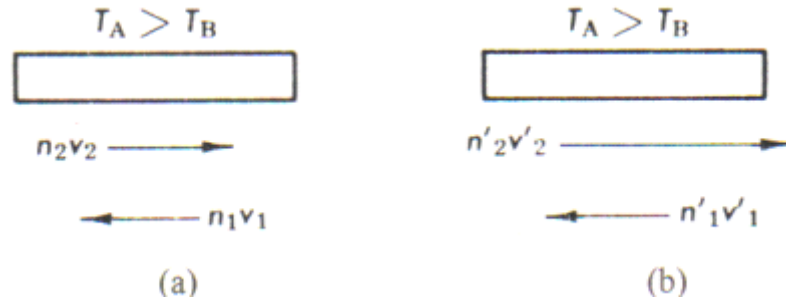
dir. Şimdi Şekil 9.2 b' de görüldüğü gibi sağa doğru bir net akım varsa,

$$J' = e(n'_2v'_2 - n'_1v'_1) > 0 \quad (9.4)$$

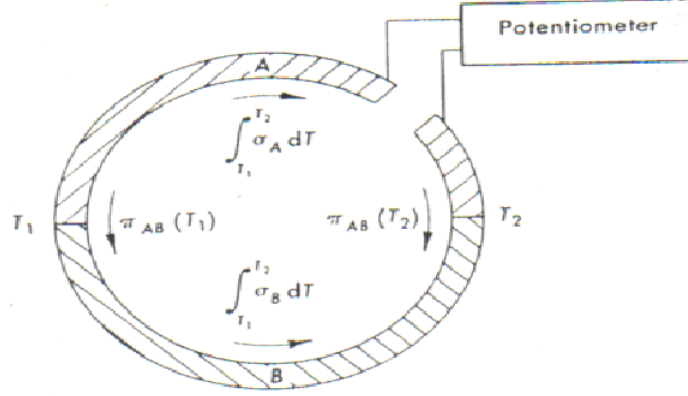
ve

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = (n'_2v'_2E_2 - n'_1v'_1E_1) = S' \neq S \quad (9.5)$$

olacaktır, yani  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  değişir. Isı farkı örgü (latis) tarafından sağlanır veya soğurur.



Şekil 9.2. Boyunca sıcaklık gradyenti bulunan bir iletken a) Net akım olmaması durumu ve b) Sağ tarafa doğru akım olması durumu.



Şekil 9.3. A ve B gibi iki farklı metalden yapılan bir ısıl çift. İki eklemın  $T_1$  ve  $T_2$  gibi iki farklı sıcaklıkta tutulduğuna ve net bir akımın olmadığına dikkat ediniz. Termoelektrik elektromotor kuvvetine katkıda bulunan iki etki gösterilmiştir.

Analitik olarak Thomson etkisi,

$$\frac{dQ}{dx} = \sigma_A q \left( \frac{dT}{dx} \right) \quad (9.6)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $\frac{dQ}{dx}$  metalin her birim uzunluğunda soğurulan veya

açığa çıkan ısıyı ifade eder.  $q$ , akan toplam elektrik yükü,  $\frac{dT}{dx}$  sıcaklık gradyenti ve

$\sigma_A$ ; Thomson metale bağlı katsayısıdır. Bunun tersi olarak, eğer bir metal boyunca bir sıcaklık gradyenti varsa, uçlar arasında bir elektromotor kuvvet (emf) görülecektir. Elektromotor kuvvetiyle yükün çarpımı yapılan toplam işe eşit olmalıdır. (9.6) eşitliğinin integrali alınır ve  $\int dQ$  'nun yapılmış iş olduğuna dikkat edilirse

$$\int_A^B dQ = q \int_{T_A}^{T_B} \sigma_A dT \quad (9.7)$$

Ve böylece,

$$\text{emf (Thomson)} = \int_{T_A}^{T_B} \sigma_A dT \quad (9.8)$$

olmalıdır.

#### 9.1.4. Seebeck etkisi (1822)

Birbirinden farklı iki metalden yapılan bir ısıl çiftin eklem bölgeleri iki farklı sıcaklıkta tutulduğunda bu devrede bir elektromotor kuvvet ortaya çıkar. Bu etki, Şekil 9.3 'de gösterilmiştir ve daha önce tartışılan iki etkinin birleşimidir.



İki metalin Thomson katsayıları  $\sigma_A$  ve  $\sigma_B$  ve eklemlerin (farklı sıcaklıklarda) Peltier katsayıları farklı olacaktır

Elektromotor kuvvet genellikle bir potansiyometre ile yani sıfır akımda ölçülür. (9.1) ve (9.8)' in birleştirilmesiyle,

$$\text{emf} = \pi_{AB}(T_2) - \pi_{AB}(T_1) + \int_{T_1}^{T_2} \sigma_A dT - \int_{T_1}^{T_2} \sigma_B dT \quad (9.9)$$

bulunur ve emf ' in sıcaklığa göre türevi alınırsa farklı iki metalin  $E_{AB}$  termoelektrik katsayısı (gücü),

$$E_{AB} = \frac{d(\text{emf})}{dT} = \frac{d[\pi_{AB}(T)]}{dT} + (\sigma_A - \sigma_B)$$

(9.10)

olarak hesaplanır.

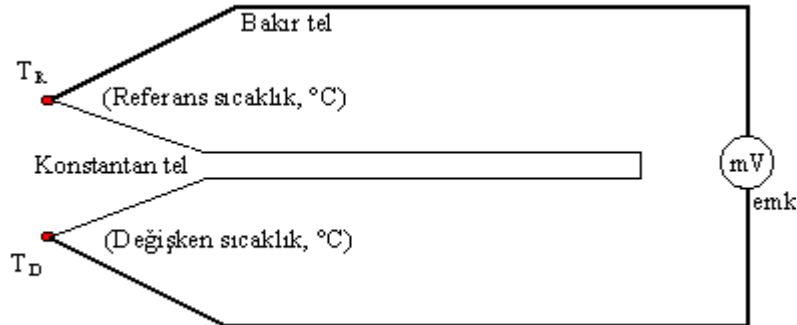
## 9.2. DENEY

### 9.2.1. Deney için gerekli malzeme

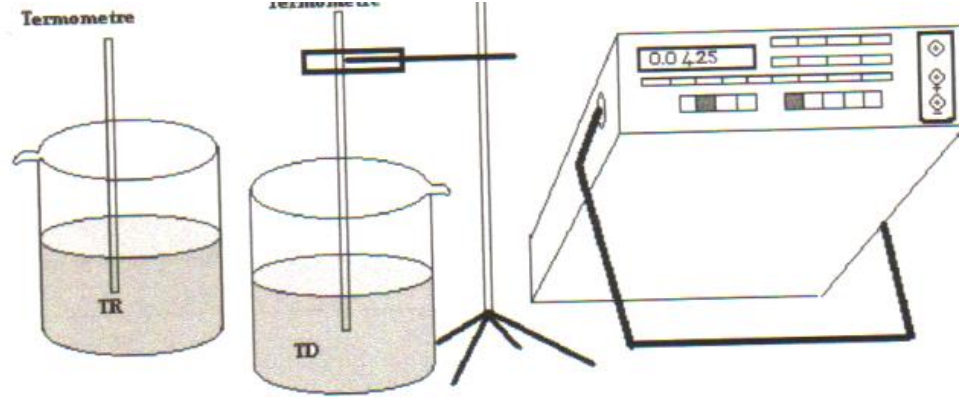
- İki adet bakır-konstantan teli
- İki adet krokodilli kablo
- İki adet 1000 ml' lik kap
- Bir adet termometre (0-100°C arasında)
- Bir adet pipet
- Bir adet su ısıtıcısı
- Bir adet dijital multimetre (potansiyometre)

### 9.2.2. Deney Düzenliğinin Kurulması

Bu malzemeleri elde ettikten sonra, Şekil 9.4'de görülen elektriksel devreyi Şekil 9.5 'de görülen deney seti üzerinde bağlayınız ve kablo bağlantılarını bir kez daha kontrol ediniz. Hocanıza gösterdikten sonra deneyinizi yapmaya başlayabilirsiniz.



Şekil 9.4. Devre diyagramı.



Şekil 9.5. Deney seti.

### 9.2.3. Deneyin yapılışı

- 1- Isıl çiftlerinizi ve termometrenizi Şekil 9.5 'de görüldüğü gibi her iki kabın kenarlarına değmeyecek şekilde yerleştiriniz. Şimdi su ısıtıcı kabına bir miktar çeşme suyu koyunuz ve kaynamaya başlar başlamaz fişini çıkarınız.
- 2- Su ısıtıcısı ile 95-100°C 'ye kadar ısıttığınız suyu 1 nolu kaba boşaltınız. 2 nolu kaba ise buz veya çeşme suyu koyunuz ve sıcaklığını termometreden okuyunuz. Bu değeri referans sıcaklığı ( $T_R$ ) olarak alınız.
- 3- Sıcak su bulunan kaptaki suyun sıcaklığını yavaş yavaş çeşme suyu ilave etmek suretiyle soğutarak her 5°C 'ye karşılık oluşan emk değerini multimetreden okuyunuz ve kaydediniz.

**Not:** Veri alma işi bittikten sonra hemen *cihazınızı kapatınız*.

### 9.3.Sonuç ve Rapor: TERMOELEKTRİK OLAY

**Ad Soyad:** .....

**No:** .....

**Grup:** .....

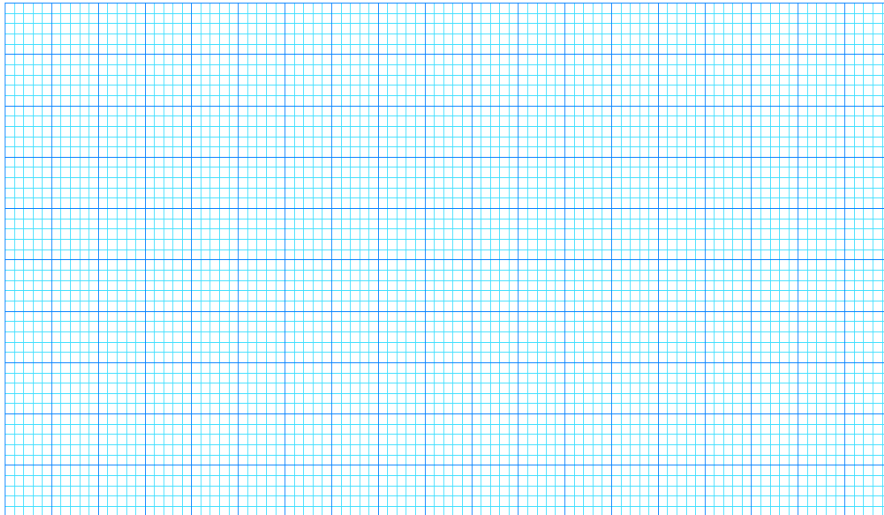
**Tarih:** .....

1. Deneysel olarak elde ettiğiniz değerleri Tablo9.1'de yerine yazarak gerekli işlemleri yapınız.
2. emk' ya karşı  $T(^{\circ}\text{C})$ ' in değişimini verilen grafik kağıdına çiziniz ve eğimini bulunuz.
3. Bulduğunuz bu değeri standart kabul edeceğimiz  $0.0425 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  değeri ile karşılaştırınız ve gerekli yorumu yapınız.

**Tablo 9.1.** Deney veri kayıt tablosu.

$T_R$ $^{\circ}\text{C}$ (Ref. Sic.)	$T_D$ $^{\circ}\text{C}$ (Değ. sic.)	$\Delta T$ $^{\circ}\text{C}$ ( $T_D - T_R$ )	emk (mV)

**Grafik 9.1:** emk/T 'ye karşı grafiği



## SORULAR

**1.Soru :** Termoelektrik katsayısını ( $\alpha_T$ ) bulunuz?

**Cevap:**

**2.Soru :** Kullandığımız ısı çiftleri hangi alaşımlardan yapılmıştır ve bu nasıl saptanır?

**Cevap:**

**3.Soru :** Isı çiftlerinin kontak noktalarının büyüklüğü karakteristiklerini nasıl etkiler?

**Cevap:**

**4.Soru :** Referans sıcaklığı için soğuk su veya buz yerine ılık su kullansaydınız sonucunuzu etkiler miydi, neden?

**Cevap:**

**5.Soru :** Aynı metalden yapılan ısı çiftleriyle ölçüm yapılabilir mi, neden?

**Cevap:**

**6.Soru :** Bir ısı çiftinin referans ve kaynak noktaları aynı sıcaklıkta ise niçin gerilim gözlenmez?

**Cevap:**

**7.Soru :** Isı çiftleri nerelerde ve ne amaçla kullanılır?

**Cevap:**

**8.Soru :** Isı çiftlerinin ürettiği gerilim nasıl artırılır?

**Cevap:**

**Sonuç ve Yorum:**