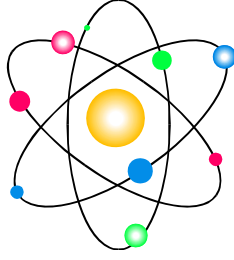


# **ATOM FİZİĞİ**

# **LABORATUVARI**



## **DENEY KLAVUZU**

**Prof. Dr. Mustafa TAN**

**Dr. Mustafa KARADAĞ**

**ANKARA 2004**

# İÇİNDEKİLER

	SAYFA
DENEY 1 TAYFÖLÇER-I (SPEKTROMETRE) .....	1
DENEY 2 TAYFÖLÇER-II (SPEKTROMETRE) .....	7
DENEY 3 ELEKTRONLARIN MIKNATISAL SAPMASI .....	14
DENEY 4 GEIGER-MULLER SAYACI .....	19
DENEY 5 GEIGER-MULLER SAYACININ ÖLÜ ZAMAN TAYİNİ .....	24
DENEY 6 SOĞURMA KATSAYISININ TAYİNİ .....	27
DENEY 7 ALFA PARÇACIKLARININ SAYIMI .....	30
DENEY 8 FOTOELEKTRİK OLAY .....	31
EK-1 YARI LOGARİTMİK KAĞITLAR .....	34
EK-2 EN KÜÇÜK KARELER METODU .....	37

# DENEY 1

## TAYFÖLÇER-I

### (SPEKTROMETRE veya SPEKTROSKOP)

#### 1.1. KONU/AMAÇ

Hidrojen ve Helyum tayfindaki tayf çizgilerinin

- (i) elde edilmesi,
- (ii)  $\theta$  sapma açısının ölçülmesi,
- (iii)  $\lambda$  dalga boyu ve E enerji değerlerinin hesaplanması,
- (iv) enerji düzeyleri diyagramlarındaki hangi seri ve geçişine ait olduğunun belirlenmesi.

#### 1.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

Spektrometre, Yüksek voltaj güç kaynağı, Geissler tüpleri, Işık kaynağı

#### 1.3. TEORİK BİLGİ

Bir elementin uygun şartlar altında yaydığı ışık bir optik prizmadan geçirilirse o elemente özgü ve onun atom yapısı hakkında çok değerli bilgi veren belirgin bir çizgili tayf elde edilir. Bu bilgi hazinesinin kapısı BALMER (1885) tarafından açılmıştır. Hidrojenin görünür bölgedeki çizgili tayfı hakkında Balmer'in ortaya koyduğu bağıntı, Rydberg ve Ritz (1908)'in çalışmaları ile

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (1.1)$$

şeklinde genelleştirilmiştir.

$\lambda$ : gözlenen tayf çizgilerinin dalgaboyu, R: Rydberg sabiti,  $n_1$  ve  $n_2$  tamsayılarıdır. Balmer serisi adı verilen görünür bölgedeki hidrojen tayfı için  $n_1 = 2$  ve  $n_2 = 3, 4, 5, \dots$  dir.

#### Deneyde Kullanılacak Bazı Teorik Bilgiler:

- (i) 1. mertebe aydınlık maksimum için

$$\lambda = d \sin \theta, \quad d = \frac{1}{n} = \frac{1}{570 \text{ çizgi (mm)}} = \frac{1}{5700 \text{ (cm)}}$$

d: Yarık genişliği-iki çizgi arası uzaklık

**Not:** Kırınım ağının 1 milimetresinde 570 çizgi vardır; yani iki çizgi arası (ağ sabiti d) 1/570 mm'dir.

(ii) Bir fotonun enerjisi;  $E_{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \approx \frac{12.4 \cdot 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{cm}}{\lambda \text{ cm}} \approx \text{Enerji (eV)}$

(iii)  $E_n = -R_H \frac{Z^2}{n^2}$   $R_H = 13.6 \text{ eV}$ ,  $Z_H = 1$ ,  $Z_{He} = 2$

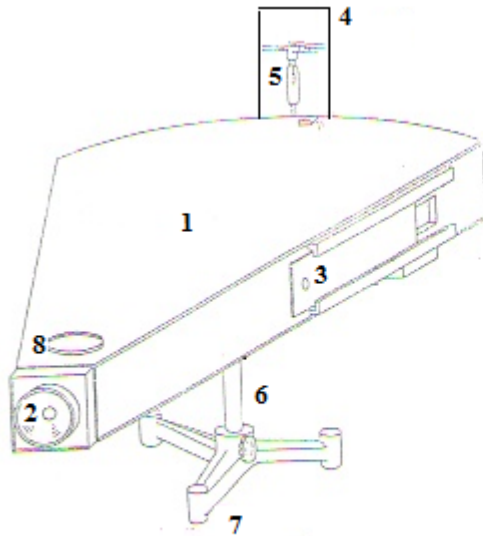
(iv) Görölür ışık bölgesi için

$\lambda_{kırmızı} = 0.8 \mu\text{m} = 0.8 \times 10^{-4} \text{ cm} \rightarrow E_{kırmızı} \approx 1.55 \text{ eV}$

$\lambda_{mor} = 0.4 \mu\text{m} = 0.4 \times 10^{-4} \text{ cm} \rightarrow E_{mor} \approx 3.10 \text{ eV}$

#### 1.4. DENEYDE KULLANILACAK SPEKTROMETRENİN YAPISI VE KULLANIMI

Deneyde kullanacağımız spektrometre Şekil 1.1 de görülmektedir.



##### SPEKTROMETRE

1. Spektrometre Kutusu (Karanlık Oda)
2. Kırınım ağı (570 çizgi/mm ve taşıyıcısı)
3. Pencere kapağı
4. Yüksek gerilim güç kaynağı
5. Tayf veya Geissler tüpü (Hidrojen, Helyum)
6. Dik tutucu (10 cm)
7. Üçayak
8. Koruyucu kapak

**Şekil-1**

- Bir spektrometre veya spektroskop, bileşik ışığın farklı dalga boylarını duyarlı bir şekilde ölçen bir alettir.
- Daire yayı biçiminde bir cetvel ve kırınım ağı, spektrometrenin iki temel parçasıdır.
- Kırınım ağı, eşit aralıklarla ayrılmış çok sayıda eşit aralıklı paralel yarıktan oluşur.
- Kırınım ağı genellikle iki farklı yolla elde edilir.

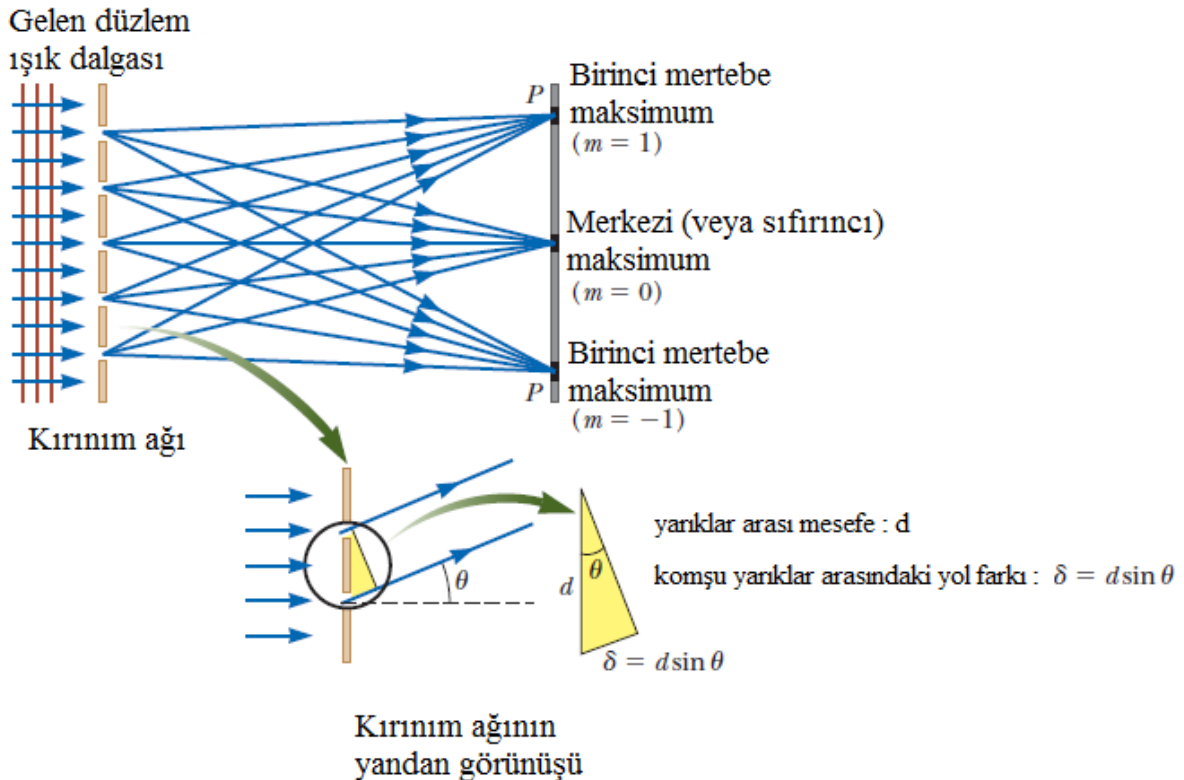
1. Geçirmeli ağ, cam plaka üzerinde paralel çizgilerin çok hassas tekniklerle oyulması ile elde edilir. Çizgiler arasındaki bölge ışığa karşı saydamdır ve dolayısıyla ayrı yarıklar gibi davranır.

- 2. Yansıma ağı, yansıtıcı bir malzemenin yüzeyinde paralel çizgiler oyularak elde edilir. Çizgiler arasındaki bölgelerden olan ışık yansıması parlak yüzey yansımasıdır, oyulan çizgilerden olan yansıma ise mat yansıma veya dağınık yansımadır.
- Bir kırınım ağının analizi Young'un çift yarık deneyininkine benzer.
- Kırınım ağında her yarık kırınım oluşturur ve kırınımına uğramış desenler de birbiri ile girişim yaparak kırınım desenlerini oluştururlar.
- Ağ üzerine gelen ışınların ağ üzerine paralel geldiğini ve yarıkların yeteri kadar dar olduğunu dolayısıyla her birinden gerçekleşen kırınımın ışığı ağın arkasındaki uzak bir ekran üzerinde çok geniş bir açıya yaydığını ve diğer tüm yarıklardan gelen ışınla girişim oluşturabileceğini kabul edelim. Sapma olmadan ( $\theta = 0^\circ$ ) her bir yarıktan geçen ışık ışınları ekranın merkezinde parlak bir çizgi oluşturacak şekilde yapıcı bir şekilde girişime uğrarlar. Yapıcı girişim, komşu yarıklardan gelen ışığın fazladan bir  $m\lambda$  yolunu kat ettiği  $\theta$  açısında oluşur. Eğer  $d$  aralıklar arasındaki mesafe ise komşu iki yarıktan çıkan ışınlar arasındaki yol farkı bir dalga boyuna veya dalga boyunun tam katlarına eşit olursa, kırınım ağındaki girişim maksimumları oluşur.

$$d \sin \theta_{\text{aydınlık}} = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

(aydınlık maksimumlar)

- Bu ifade, ağ aralığı ve  $\theta$  sapma açısının bilinmesi halinde dalga boyunu hesaplamakta kullanılabilir.



- Eğer gelen ışın çeşitli dalga boyları içeriyorsa (bileşik ışın) her dalga boyu için m'inci merteye maksimumu belirli bir açıda meydana gelir.  $\theta = 0$ 'da görülen bütün dalga boyları m=0'a karşılıktır. Bu merkezi veya sıfıncı merteye maksimumu olarak adlandırılır. Birinci derece maksimumu m=1 ve  $\sin\theta = \lambda/d$  bağıntısını sağlayan açıda gözlenir. İkinci merteye maksimumu (m=2) daha büyük  $\theta$  açısında gözlenir ve diğerleri de böyle devam eder.

### KIRINIM AĞININ ÇÖZMEGÜCÜ

Aralarındaki farkın kırınım ağı ile açık olarak ayırt edildiği, birbirine çok yakın  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  dalga boyları için, ağın çözme gücü R şu şekilde tanımlanır:

$$R = \lambda / (\lambda_2 - \lambda_1) = \lambda / \Delta\lambda \text{ dir.}$$

$$\text{Burada } \lambda = (\lambda_2 + \lambda_1) / 2 \text{ ve } \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \text{ dir.}$$

Böylece yüksek çözme gücü olan bir ağ, dalga boyundaki küçük farkları ayırt edebilmektedir. Eğer ağın N tane çizise aydınlatılırsa, m'inci merteye kırınımında çözme gücünün

$$R = Nm$$

olduğu görülebilir.

O halde çözme gücü, merteye numarası büyüdükçe ve aydınlatılmış yarık sayısı arttıkça büyümektedir. m = 0 için R = 0 olduğuna dikkat ediniz. Bu sıfıncı derece maksimumu için hiçbir dalgaboylarının ayırt edilemediğini gösterir.

### SPEKTROMETRENİN KULLANIMI

- Deneyde kullanılan spektrometrenin kırınım ağı yardımı ile elde edilen tayf çizgilerine ait açılar, derece cinsinden doğrudan doğruya içerideki cetveldan okunur. Işık giriş fantının iki yanında,  $0^\circ - 20^\circ$  bulunur ve cetvelin iki çizgi arası  $(1/4)^\circ$  dir.
- Kırınım ağının 1 milimetresinde 570 çizgi vardır; yani iki çizgi arası (ağ sabiti d) 1/570mm'dir.
- $\lambda = d \sin\theta$  bağıntısından 1. maksimumda tayf çizgilerinin dalga boyu hesaplanır.
- Spektrometre ile birlikte iki adet tayf tüpü verilmiştir ( $H_2$  ve He). Bunlardan başka ışık kaynağı olarak, monokromatik alet de kullanılabilir. Tayf tüpleri için gerekli olan yüksek gerilim, indüksiyon bobininden veya özel tasarlanmış yüksek gerilim güç kaynağından sağlanır.
- Deney düzeneği Şekil-1 deki gibidir. Tayf tüpü, tayfın tam karşısında, ona paralel ve en yakın durumda olmalıdır.

- Kırınım ağının bulunduğu ön kısımdan bakılarak, tayf çizgilerine ait açılar, cetveldен okunur. Cetvelin üzerindeki rakamları ve bölmeleri rahatlıkla görebilmek için, yan pencerenin kapağı yeteri kadar açılır. Bu pencere, spektrometre ile çalışırken, ışığın laboratuvara girdiği tarafta olmalıdır. Deneyin yapıldığı yerin karartılmasına gerek yoktur.
- Spektrometre, civa tayfindaki yeşil çizginin dalga boyuna ( $5461 \text{ \AA}$ ) ayarlanmıştır.

### 1.5. ÖN HAZIRLIK SORULARI

1. Tayf nedir? Kaç çeşittir? Her birine birer örnek vererek açıklayınız.
2. Elektromanyetik spektrum nedir? Görünür bölgedeki ışınların enerjilerini dalga boylarından yararlanarak hesaplayınız.
3. Bohr atom modeli *esasları* ve bundan  $E_n$  ve  $R_H$  bağlantılarını açıklayarak çıkarınız.
4. Hidrojen ve tek elektronlu Helyum atomuna ait enerji düzeyleri diyagramlarının seviye enerji değerlerini hesaplayınız. Her iki atom için elektromagnetik spektrum serilerini ve mümkün geçişleri çizerek bu geçişlere ait çizgi enerji değerlerini belirleyiniz.

### 1.6. DENEYİN YAPILIŞI

Bu deneyde, yapısı ve kullanımı Şekil-1 de gösterilen ve ışığın kırınımına göre çalışan spektrometre kullanılacaktır. Sırasıyla Hidrojen ( $H_2$ ) ve Helyum (He) tayf tüplerini takarak, ayarlama yaparak renk çizgilerini elde ediniz. Ardından sırasıyla aşağıdaki işlemleri yapınız:

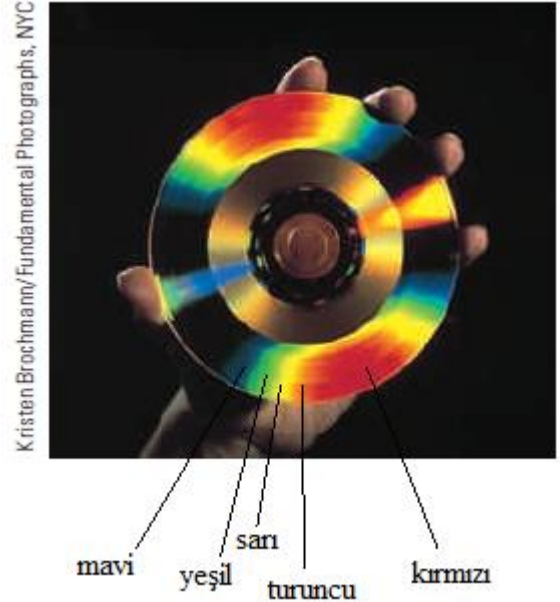
1. Çizgilerin renklerini ve bu renklere ait  $\theta$  sapma açılarını tespit ediniz.
2. Bilgi kısmındaki (i) ve (ii) bağlantılarını, çizgilerin dalga boylarını ve enerjilerini hesaplayınız.
3. Çizgilerin hangi seri ve geçişi olduğunu belirleyiniz (Bunun için ön çalışmanızdaki 5. Sorunuzun cevabını dikkate alınız.)
4. Tüm hesap ve işlemlerinizi raporunuzda yazıp sonuçları Tablo 1.1 de gösteriniz.

Tablo 1.1

Tayf tüpü	Renk adı	Sapma açısı $\theta^\circ$	Dalgaboyu $\lambda$ (nm)	Enerji E (eV)	Seri Adı	Geçişleri ( $n_i \rightarrow n_f$ )
HİDROJEN ( $H_2$ )						
HELYUM (He)						

## 1.7. SORULAR

1. Işığın renklere ayrılması ışık prizmasında kırılma olayı ile olur. Bu yol ile deneyde kullanılan yolu karşılaştırınız.
2. Bir müzik CD'sinin (kompak disk) yüzeyinde baktığınızda bir gökkuşağı renkleri görürsünüz. Renkler ve onların şiddetleri, diskin göze ve ışık kaynağına göre önüne bağlıdır. Bunun nasıl olduğunu yaptığınız deneyi de göz önünde bulundurarak açıklayınız.



## 1.7. SONUÇ VE YORUM



## DENEY 2

### TAYFÖLÇER-II (SPEKTROMETRE)

#### 2.1. KONU/AMAÇ

A-Tayfölçerin (spektrometre) ayar eğrisinin bilinen bir tayf yardımı ile çizilmesi.

B-Hidrojen tayfının incelenmesi ve Rydberg Sabiti'nin hesabı.

C-Bilinmeyen bir tayfın incelenmesi.

#### 2.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

Spektrometre, Güç kaynağı, Geissler tüpleri.

#### 2.3. TEORİK BİLGİ

Bir önceki deneyde de gözlemlendiği gibi uygun şartlar altında bir elementin yaydığı ışık bir optik prizmadan geçirilirse o elemente özgü ve onun atom yapısı hakkında çok değerli bilgi veren belirgin bir çizgili tayf elde edilir.

Çizgili tayfların fiziksel bakımdan ilk izahı, Bohr'un geliştirdiği atom modeli ile yapılabilmektedir. Bohr modeli 1910 'lu yıllarda ortaya atılmıştır ve üç varsayım (postüla) üzerine kurulmuştur.

- 1) Elektronlar, ışıma yapmadan belirli yörüngelerde hareket edebilirler.
- 2) Kararlı seviyelerde açısal momentum kuantumludur.

$$mvr = nh \quad (n = 1,2,3, \dots) \quad (2.1)$$

- 3) Elektronlar, ancak kararlı seviyeler arasında atlamalar yaparken ışıma yaparlar. Bu ışımının enerjisi, geçiş yapılan seviyeler arasındaki enerji farkına eşittir. Bohr'a göre atom numarası Z olan bir çekirdeğin n'inci tabakasında bulunan bir elektronun enerjisi CGS birimleri kullanıldığı takdirde,

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m Z^2 e^4}{n^2 h^2} \quad (2.2)$$

olup burada m elektronun kütlesi, e elektronun yükü, h Planck sabiti,  $n=1,2,3,\dots$  tamsayı değerlerini alan başkuantum sayısı'dır. Bu elektron herhangi bir şekilde yüksek enerjili bir düzeyden çekirdeğe

daha yakın alçak enerjili bir düzeye geçerse iki enerji düzeyi arasındaki enerji farkı,  $hf$  enerjili bir ışık fotonu halinde yayılır ve spektrumda frekansı  $f$  olan çizgi belirir.  $n = n_2$  yüksek ve  $n = n_1$  alçak enerji düzeylerine karşılık kuantum sayılarını göstermek üzere,

$$hf = E_2 - E_1 \quad (2.3)$$

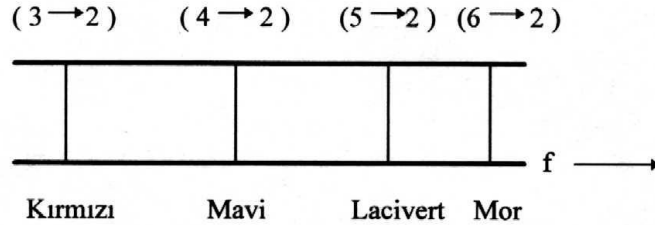
yazabiliriz.  $c = f \lambda$  olduğundan (2.2) ve (2.3) ten

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 m Z^2 e^4}{h^3 C} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (2.4)$$

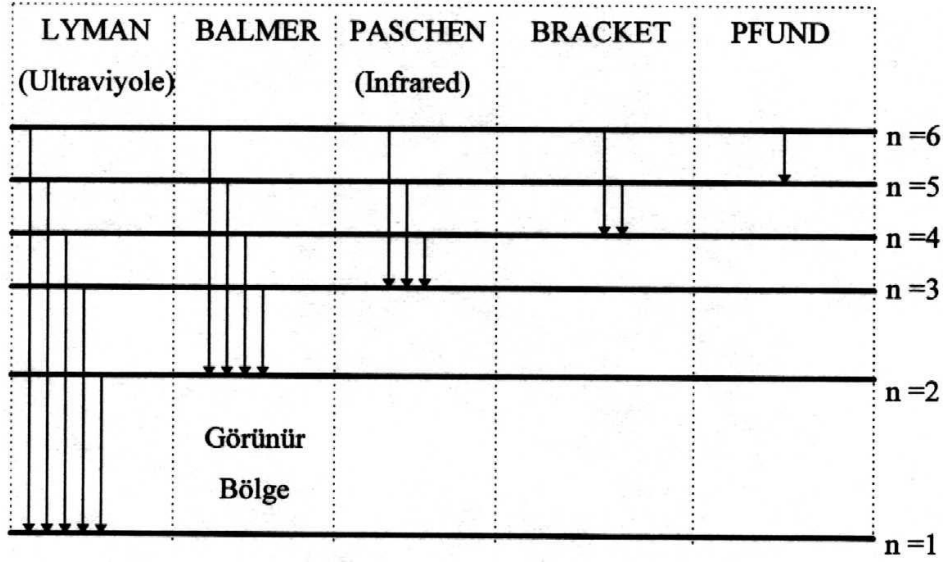
bulunur. Parantez dışındaki çarpanın hidrojen için değeri

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3 C} \quad (2.5)$$

olup Rydberg sabitine eşittir. (2.4) de  $n_1 = 2$  ve  $n_2 = 3, 4, 5, \dots$  alınırsa Balmer serisi elde edilir. Şekil 2.1 de hidrojen tayfının Balmer serisi çizgilerinin görünür bölgede olanları gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Hidrojen tayfının Balmer serisi

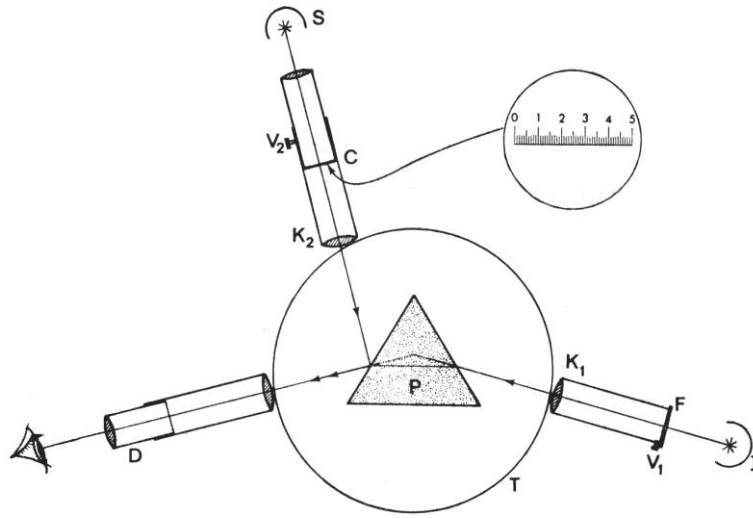


Şekil 2.2. Hidrojenin elektromagnetik spektrum serileri

## 2.4. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

Deneyde kullanılacak tayfölçerin şeması Şekil 2.3 de görülmektedir. Tayfı incelenecek I ışık kaynağından çıkan ışınlar F fantından geçerek K<sub>1</sub> kolimatörüne girerler. Kolimatörden geçen ışınlar ince ve paralel bir demet halinde P prizması üzerine düşerler. Işığın prizma tarafından verilen tayfı D dürbünü ile incelenir. K<sub>2</sub> kolimatörü içinde S ışık kaynağı ile aydınlatılan mikrometrik bölmeli saydam bir C cetveli vardır. K<sub>2</sub> kolimatöründen gelen ışınlar prizmanın yüzeyinde yansıyarak D dürbününün görüntü düzleminde C cetvelinin bir görüntüsünü meydana getirirler. Tayf çizgilerinin yeri bu görüntü-cetvel yardımıyla tespit edilir. Gerek cetvelin ve gerekse tayf çizgilerinin netliği dürbünün okülerini ileri geri hareket ettirerek sağlanır.

V<sub>1</sub> vidası F fantını genişletip daraltmaya, V<sub>2</sub> vidası, tayf çizgilerinden bağımsız olarak cetvel görüntüsünü netleştirmeye yarar. V<sub>3</sub> vidası, D dürbününü tespit eder. Bu vida gevşetilirse dürbün, alet eksenini etrafında sağa sola bir miktar döndürülebilir ve tayfın muhtelif bölgeleri incelenebilir.



Şekil 2.3 Tayföçerde ışınların gidişi.

ÇİZELGE 2.1. Bazı Elementlerin Görünür Bölge Spektrumları

Renk	Dalga Boyu (Å°)	Element	Renk	Dalga Boyu (Å°)	Element
Kırmızı1	7625	Ar	Yeşil	5450	Ne
Kırmızı1	7075	Ne	Yeşil	5400	Ne
Kırmızı1	6975	Ne	Yeşil	5175	Ar, N
Kırmızı1	6775	Ne, N, He	Yeşil	5050	N, He
Kırmızı1	6675	N	Yeşil	4950	He
Kırmızı1	6575	Ne, N	Yeşil	4900	N
Kırmızı1	6500	Ne, N	Mor	4725	Ne, He
Kırmızı1	6400	N	Mor	4600	N
Kırmızı1	6325	N	Mor	4550	Ar
Turuncu	6150	Ar, N	Mor	4525	N
Turuncu	6100	N	Mor	4500	He
Sarı	5950	Ne, He	Mor	4450	N
Sarı	5875	Ne, N	Mor	4350	Ar, N
Sarı	5800	N	Mor	4300	Ar, N
Yeşil	5675	Ar	Mor	4225	Ar, N
Yeşil	5600	Ar	Mor	4200	Ar
Yeşil	5550	Ar	Mor	4125	N
Yeşil	5500	N	Mor	4100	N

## 2.5. ÖN HAZIRLIK SORULARI

1. Işık nedir? Radyo dalgaları ile görünür ışık arasında ne gibi fark ve benzerlik vardır?
2. Teorik bilgi kısmında 2.2 ve 2.4 de verilen bağıntılarını çıkarınız.
3. Bohr modelini kullanarak helyum (He) atomunun görünür bölge spektrumundaki çizgilerin dalga boylarını  $\text{\AA}$  cinsinden hesaplayınız.

## 2.6. DENEYİN YAPILIŞI

### 2.6.1. Tayföçlerin Ayar Eğrisinin Çizilmesi

Tayföçleri ayarlamak için tayfı bilinen bir ışık kaynağı kullanılacaktır. Bu amaca uygun olarak azot buharlı Geissler tüpü seçilmiştir.

Verilen azotlu Geissler tüpünü F fantı karşısına düşey olarak yerleştiriniz. Dürbünden bakarak tayf çizgilerinin netliğini oküler yardımıyla sağlayınız. Çizgilerin renklerini ve bulundukları bölmeleri okuyunuz. Çizelge 2.1 yardımı ile  $\lambda$  dalga boyları ve bunlara karşılık gelen x bölmelendirmesi arasında

$\lambda = f(x)$  ayar grafiğini çiziniz.

**ÇİZELGE 2.2. Azot (N) Spektrumu**

RENK	BÖLME	DALGA BOYU ( $\text{\AA}$ )

### 2.6.2. Hidrojen Tayfının İncelenmesi ve Rydberg Sabitinin Hesaplanması

Azot buharlı Geissler tüpü yerine alçak basınçta hidrojen ihtiva eden Geissler tüpünü koyunuz ve çalıştırınız. Gördüğünüz tayf çizgilerinin rengini ve bulunduğu çizgileri yazınız.

Çizdiğiniz ayar eğrisinden faydalanarak bu çizgilerin dalgaboylarını bulunuz. Her dalgaboyu için (2.1) bağıntısından R sabitini hesaplayıp ortalamasını alınız. Rydberg sabitini bir kere de (2.5) bağıntısından hesaplayınız.

Rydbeng sabitinin ölçtüğünüz değerinden ve (2.5) bağıntısından yararlanarak h planck sabitini hesaplayınız.

**ÇİZELGE 2.3. Hidrojen (H) Spektrumu**

RENK	BÖLME	DALGA BOYU (Å°)

### 2.6.3. Bilinmeyen Bir Tayfın İncelenmesi.

Hidrojenli Geissler tüpü yerine cinsi bilinmeyen Geissler tüpünü koyunuz ve (1.5.2.) deki gibi tayf çizgilerinin dalgaboyunu ölçünüz. Çizelge 2.1 den yararlanarak bu tüp içindeki gazın cinsini tahmin ediniz.

**ÇİZELGE 2.4. Bilinmeyen Elementin Spektrumu**

RENK	BÖLME	DALGA BOYU (Å°)

## 2.7. SORULAR

1. Dalga boyu  $6000 \text{ \AA}$  olan ışığın enerjisini Erg, ElektronVolt ve Joule cinsinden hesaplayınız.

## 2.8. SONUÇ VE YORUM

## DENEY 3

### ELEKTRONLARIN MIKNATISAL SAPMASI

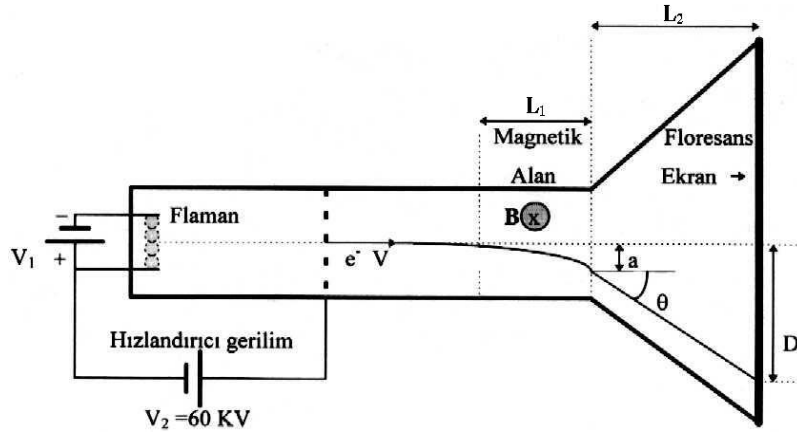
#### 3.1. KONU/AMAÇ

Katot tüpü içerisinde, sıcak bir flamandan yayınlanan ve hızlandırıcı bir potansiyel altında hızlandırılan elektronların, magnetik alanda sapma miktarının incelenmesi ve elde edilen verilerle ( $e/m$ ) oranının hesaplanması.

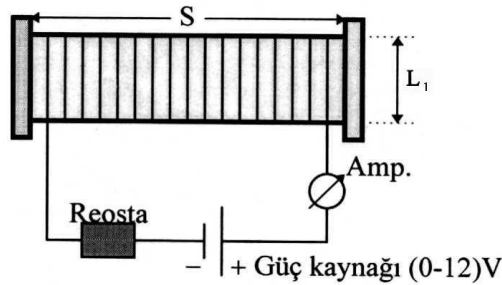
#### 3.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

Katot tüpü, Troid, Alçak gerilim güç kaynağı, İndüksiyon bobini, Ampermetre.

#### 3.3. DENEY DÜZENİĞİ



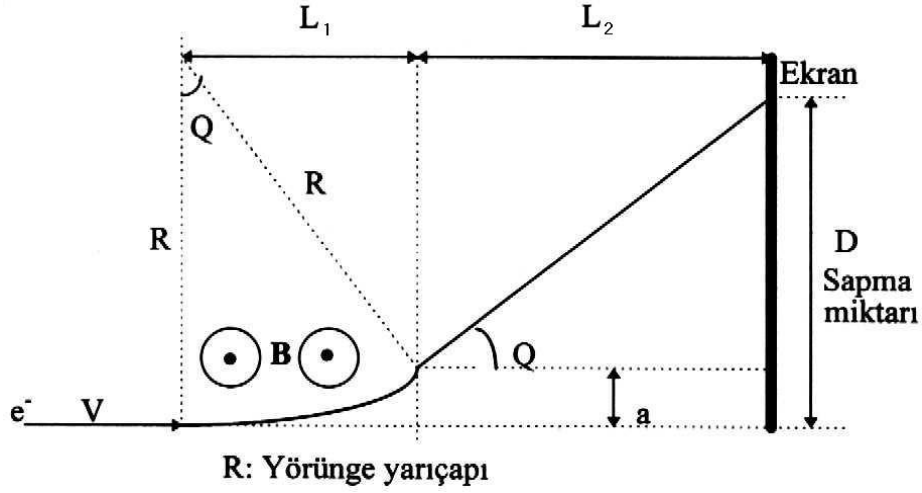
Şekil 3.1 Katot tüpü ve elektron demetinin yörüngesi



Şekil 3.2 Magnetik alan devresi



### 3.4. TEORİK BİLGİLER



Şekil 3.3

B Magnetik alanı içerisinde,  $V$  hızıyla geçen  $q$  yüküne sahip bir parçacığa etki eden magnetik kuvvet, Lorentz yasası gereğince,  $\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$  şeklinde verilir.  $\theta'$  açısı magnetik alan vektörü ile parçacığın hız vektörü arasındaki açı olmak üzere,

$$F = Bqv\sin\theta' \quad (3.1)$$

elde edilir. Deneyde dış magnetik alan, elektronların hareket doğrultusuna dik olacağından  $\theta' = 90^\circ$

$$F = qvB \quad (3.2)$$

Elektronların  $v$  hızıyla hareket etmelerinin nedeni  $v_2$  hızlandırıcı gerilimidir. Enerjinin korunumu ilkesi gereğince,

$$ev_2 = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.3)$$

dir. Magnetik alan içersine  $v$  hızı ile giren elektronların magnetik alan içindeki yörüngeleri,  $R$  yarı çaplı bir çemberdir. Elektronla alan içerisinde etkiyen merkezci kuvvet ise Eşitlik 3.2 de verilen magnetik kuvvetten doğar. Yani,

$\frac{mv^2}{R} = Bqv$  dir. Bu eşitlikten elektronların yörünge yarıçapı(R),

$$R = \frac{mv}{eB} \quad (3.4)$$

olarak bulunur Şekil 2.3'ten

$$\sin \theta = \frac{L_1}{R} = \frac{L_1 \cdot e \cdot B}{mv} \quad (3.5)$$

olduğu görülür. Elektronun, alandan çıktığı andaki sapma miktarı (a),

$$a = R - R \cos \theta = \frac{mv}{eB} (1 - \cos \theta) \quad (3.6)$$

dır. Magnetik alandan çıkan elektronlar, ilk geliş doğrultularından D kadar sapmış olarak floresans ekrana çarparlar. Elektronlar çarptığı floresans maddeyi uyarak ışımaya yapmasına neden olurlar.

$$D = L_2 \tan \theta + a \quad (3.7)$$

Açısal sapmalar küçük olduğundan

$$\sin \theta \cong \tan \theta \cong \theta$$

$$\cos \theta \cong 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

yaklaşıklıkları kullanılabilir. Bu durumda Eşitlik 3.5 aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\theta = \frac{L_1 \cdot e \cdot B}{mv} \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.6 ve Eşitlik 3.8 ifadeleri Eşitlik 3.7 de yerine yazılırsa,

$$D = \frac{L_1 e B}{2mv} (2L_2 + L_1) \quad (3.9)$$

elde edilir. Öte yandan Eşitlik 3.3 kullanılarak,

$$v = \sqrt{\frac{2ev_2}{m}} \quad v \Rightarrow \text{Elektronların hızı} \quad (3.10)$$

Eşitlik 3.9 ve eşitlik 3.10 bağıntısında yazılarak,

$$D = \sqrt{\frac{eB^2 L_1^2}{8mv_2}} (2L_2 + L_1) \quad (3.11)$$

$$\frac{e}{m} = \frac{8D^2 v_2}{[BL_1(2L_2 + L_1)]^2} \quad (3.12)$$

bulunur. N sarımlı, S boyundaki bir makaranın oluşturduğu magnetik alan,

$$B = K \frac{4\pi NI}{S} \quad (3.13)$$

bağıntısı ile verilir.

### 3.5. DENEYİN YAPILIŞI

Katot tüpünde hareket eden hızlı elektronlar, floresan ekrana çarpınca ekranda parlak bir nokta meydana gelir. Ekranda meydana gelen bu noktanın yerini tespit ediniz. Magnetik alan uygulanınca bu noktanın saptığı görülür. Cetvel veya milimetrik kâğıt yardımıyla sapma miktarını (D) belirleyiniz. Bir ampermetre yardımıyla makaradan geçen akımı ölçünüz ve Eşitlik 3.13 bağıntısından yararlanarak magnetik alanın şiddetini(B) bulunuz. Elde edilen tüm verileri Eşitlik 3.12 de yerine yazarak (e/m) oranını hesaplayınız. Deneyi, birkaç farklı akım için tekrarlayarak ortalama bir değer bulunuz.

### 3.6. SONUÇLAR VE HESAPLAMALAR

**ÇİZELGE 3.1**

<b>L<sub>1</sub>(cm)</b>	<b>L<sub>2</sub>(cm)</b>	<b>V<sub>2</sub>(volt)</b>	<b>S(cm)</b>	<b>N(sarım)</b>

**ÇİZELGE 3.2**

<b>I (Amper)</b>	<b>B (Tesla)</b>	<b>D (cm)</b>	<b>e/m (C/kg)</b>

### 3.7. SORULAR

1. Elektronun yükünü ölçmek için başka hangi metodlar kullanılabilir?
2.  $e/m$  oranının teorik değeri ile bulduğunuz deneysel değerini karşılaştırınız. Hata kaynaklarınız nelerdir?

### 3.7. SONUÇ VE YORUM

## DENEY 4

### GEİGER-MÜLLER SAYACI

#### 4.1. KONU/AMAÇ

Verilen bir radyoaktif numunenin aktivitesinin, zamanla değişiminin incelenmesi, Numuneye ait bozunma sabiti, yarıömür ve ortalama ömrün hesaplanması.

#### 4.2. KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

Geiger-Müller sayacı, Radyoaktif madde, Digital sayıcı.

#### 4.3. RADYOAKTİF BOZUNMA

Radyoaktif çekirdekler kararsızdırlar ve genellikle enerjili parçacıklar yayınlamaya farklı çekirdeklere dönüşebilirler. Kendiliğinden olan böyle bir dönüşüme radyoaktif bozunma adı verilir. En genel üç radyoaktif bozunma çeşidi vardır. Bunlar:

Alfa bozunması; radyoaktif çekirdek bir  $^4\text{He}$  çekirdeği yayınlar.

Beta bozunması; bir elektron ve bir anti nötrino yayını ile çekirdekte bir nötronun bir protona dönüşmesine karşılık gelir.

Gama bozunması; bir foton yayını ile çekirdeğin uyarılmış bir durumdan daha düşük uyarılmış bir duruma geçmesidir. Gama bozunması çekirdeklerin izomerik seviyelerinden taban durumlarına olan bozunma şeklidir.

Deneysel gözlemlerden, radyoaktif bozunma kanununun bir ihtimaliyete bağlı olduğu bilinir. Ancak, verilen bir zaman aralığında bozunacak çekirdek sayısı sabit, çekirdeğin yaşından bağımsız ve sadece çekirdeğin kendi fiziksel özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden, verilen bir zaman aralığında orijinal radyoaktif çekirdeklerin sayısı  $N(t)$  ise  $t$  zamanında

$$-\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t) \quad (4.1)$$

kadar çekirdeğin eksildiği bulunur. Burada  $\lambda$  çekirdeğin karakteristiği olan radyoaktif bozunma sabitidir ve birimi zamanın tersidir. Eğer ilk çekirdek sayısı  $N_0$  ise herhangi bir  $t$  zaman sonundaki mevcut çekirdek sayısı

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (4.2)$$

ifadesiyle verilecektir. Çekirdek bozunma hızı aktivite olarak adlandırılır ve

$$A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad (4.3)$$

ile verilir. Zamana bağlı bu ifadeden bir çekirdeğin  $t$  ile  $t + dt$  zaman aralığında

$$P(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (4.4)$$

ihtimaliyetiyle bozunacağı açıktır. Radyoaktif bozunma istatistiksel bir olay olduğundan, bir çekirdeğin ne zaman bozunacağını kesin bir belirlilikle bilemeyiz, ancak "Eş.4.4" 'ten ortalama bozunma ömrünü,

$$\tau = \int_0^{\infty} P(t) dt = \lambda \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (4.5)$$

olarak hesaplayabiliriz. Böylece bir radyoaktif çekirdek, ortalama olarak  $1/\lambda$  zamanında bozunacaktır.

Mevcut çekirdeklerin sayısının yarıya düşmesi için geçen zaman da önemli bir parametredir.  $T_{1/2}$  ile ifade edilen bu zaman, radyoaktif çekirdek için yarılanma ömrü olarak adlandırılır ve

$$N(T_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \quad (4.6)$$

ifadesinden

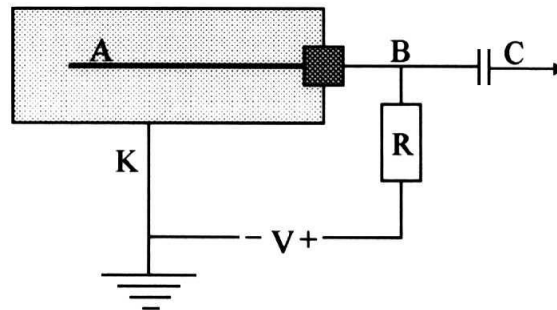
$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (4.7)$$

olarak hesaplanır.

Radyoaktif maddede diğer önemli bir tanım da aktivitedir. Aktivite çok basit olarak saniyedeki bozunmaların  $\lambda N(t)$  toplam sayısıdır. Aktivite birimi olarak genellikle son zamanlara kadar Curie (Ci) birimi kullanılmıştır. 1 Ci saniyede  $3,7 \cdot 10^{10}$  bozunma yapan radyoaktif çekirdek miktarıdır. Son zamanlarda aktivite birimi olarak Becquerel (Bq) kullanılmaktadır ve 1 Bq bir saniyede bir bozunma yapan radyoaktif çekirdek miktarıdır.

#### 4.4. GEIGER-MULLER SAYACININ YAPISI

Radyoaktif maddelerin yaydığı ışınları saymak üzere Geiger ve Müller tarafından geliştirilen Geiger-Müller sayaçları, genellikle içi 10-12 cm-Hg basıncında soygaz-alkol buharı karışımı ile doldurulmuş madeni bir silindir ve bu silindirin eksenı boyunca yerleştirilmiş ince bir A elektrotundan ibarettir (Şekil 4.1)

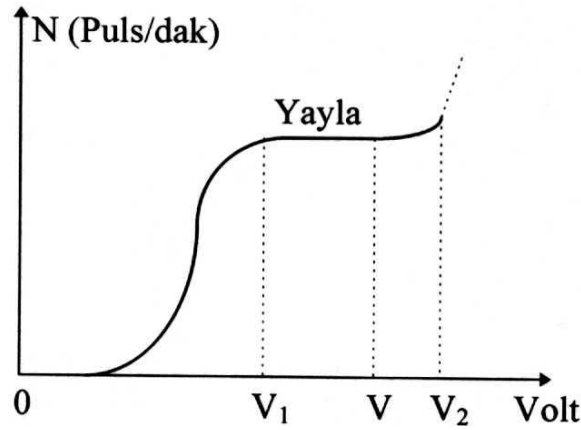


Şekil 4.1 Geiger-Müller sayacı

Silindir gövdesi katot (K) ve silindir gövdesinden yalıtılmış bulunan A elektrodu anot görevi görür. Elektrotlar arasına yaklaşık 10 MΩ değerinde bir R direnci üzerinden uygulanan V gerilimi, kıvılcım atlama geriliminden biraz küçük seçilir. GM sayacı içine giren yüksek enerjili herhangi bir tanecik veya foton çarptığı gaz moleküllerini iyonlaştırır. Elektronlar anoda pozitif iyonlar katoda doğru harekete geçerler. Kütleleri pozitif iyonlar yanında çok küçük olan elektronlar kısa zamanda büyük hız kazanırlar ve yolları üzerindeki gaz moleküllerine çarparak yeni yeni iyon çiftleri oluştururlar. Böylece anoda doğru ilerleyen bir elektron çığı hasil olur ve devreden kısa süreli bir

akım geçer. Bu kısa süreli akım R direncinin uçları arasında büyük bir potansiyel düşmesine ve dolayısıyla B noktasında ani bir potansiyel değişimine (elektriksel puls'a) sebep olur. Bu elektriksel puls C kondansatörü ve bir amplifikatör üzerinden bir hoparlöre, bir mekanik sayıcıya veya bir katot ışınli osilografa uygulanırsa, hoparlörde bir tıktırtı meydana getirir, mekanik sayıcı tarafından sayılır, osilograf perdesinde ise bir elektriksel puls görülür.

Sabit bir radyoaktif numune, karşısına konulan bir GM sayıcısının katot gerilimi ile dakikadaki puls sayılı arasında  $N = f(V)$  grafiğı çizilirse Şekil 4.2 deki eğri elde edilir. Eğrinin takriben yatay olduğı bölgeye yayla denir ve tüp bu bölgenin orta kısımlarındaki bir V geriliminde çalıştırılır. Sayıcıya  $V_2$  den daha büyük bir potansiyel uygulamak tehlikelidir.



Şekil 4.2

#### 4.5. DENEYİN YAPILIŞI

Şekil 4.1'deki devreyi kurunuz GM sayacından 40-50 cm mesafeye radyoaktif maddeyi yerleştiriniz. Devreyi çalıştırınız. Sayıcının beşer dakika aralıklarla kaydettiğı puls sayısından yararlanarak Aktivite =  $f(t)$  grafiğini çiziniz. Çizdiğiniz grafiğı kullanarak radyoaktif maddeye ait ( $\lambda$ ) bozunma sabitini, ( $T_{1/2}$ ) yarı ömrünü ve ( $\tau$ ) ortalama ömrünü hesaplayınız.



**ÇİZELGE 4.1**

<b>T (dk.)</b>	<b>N (Sayım)</b>	<b>A (sayma/dk)</b>	<b>ln A</b>

**4.6. SORULAR**

1. Sayıcı içerisine alkol buharı konulmasının sebebi nedir?
2. En Küçük Kareler metodunu kullanarak (Bknz. Ek-2)  $\ln(A(t))=a + bt$  fonksiyonundaki a ve b sabitlerini kullandığınız numune için hesaplayınız. Bu sabitlerin fiziksel anlamını açıklayınız ( $A(t)$  : t anındaki numunenin aktifliği).

## DENEY 5

### GEİGER-MÜLLER SAYACININ ÖLÜ ZAMAN TAYİNİ

#### 5.1. KONU

Geiger-Müller sayacının ölü zamanının bulunması.

#### 5.2. TEORİK BİLGİLER

Deney-4'te GM sayacının çalışma prensibini gördünüz. Sayaçta, kütlelerinin büyüklüğü dolayısıyla elektronlardan çok daha küçük hızla hareket eden pozitif iyonlar katoda vararak nötürleşinceye kadar  $10^{-4}$  saniye mertbesinde bir zaman geçer. Bu esnada tüpe giren ikinci tanecik sayılmaz. İşte bu zaman aralığına tüpün ölü zamanı denir.

Ölü zamanı  $\tau$  olan bir GM sayacına saniyede  $r_0$  tane atma geldiğini ve bunların  $r$  tanesinin sayıldığını varsayalım. Buna göre tüp herhangi bir saniye içinde  $r\tau$  süresince ölü kalacaktır. Bu demektir ki, atmaların ancak  $(1-r\tau)$  kesri sayılmaktadır. Buna göre tüpe giren parçacık sayısında  $dr_0$  gibi bir artma olursa gerçek  $dr$  atma sayısı

$$dr = (1-r\tau)dr_0 \quad \text{veya} \quad dr_0 = \frac{dr}{1-r\tau} \quad (5.1)$$

ile verilecektir. Bu ifadenin integrali alınırsa,

$$r = \frac{1}{\tau} (1 - e^{-r_0 \tau}) \quad (5.2)$$

bulunur. Bu deneyde bir çift kaynak birarada ve ayrı ayrı sayılarak GM tüpünün ölü zamanı hesaplanacaktır. Kaynaklara A ve B diyelim.  $r(A+B)$  sayma hızının  $r(A)+r(B)$  hızından daha küçük olduğuna dikkat ediniz.  $\tau$  ölü zamanı aşağıdaki çözümlemeye göre hesaplanır.  $r_0(A)$  ve  $r_0(B)$  gerçek sayma hızları ise

$$1 - r(A) \tau = \exp(-r_0(A) \tau) \quad (5.3)$$

dur. Birarada bulunan A ve B kaynakları için

$$1 - r(A+B) \tau = \exp[-(r_o(A) + r_o(B)) \tau] \quad (5.4)$$

ve son olarak yalnız B örneği için

$$1 - r(B) \tau = \exp(-r_o(B) \tau) \quad (5.5)$$

yazılabilir. Eşitlik 5.3 ve 5.5 'in çarpımı Eşitlik 4.4 'e eşit olacağından

$$(1 - r(A) \tau)(1 - r(B) \tau) = 1 - r(A+B) \tau \quad (5.6)$$

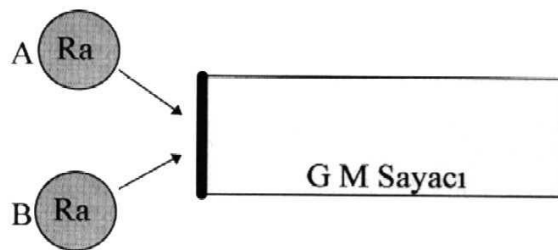
yazılıp, buradan  $\tau$  çekilirse,

$$\tau = \frac{r(A) + r(B) - r(A+B)}{r(A).r(B)} \quad (5.7)$$

bulunur.

### 5.3. DENEYİN YAPILIŞI

İlk önce A kaynağını sayınız. Sonra B'yi getirerek A ve B kaynaklarını birarada sayınız. Son olarakta A'yı kaldırıp B'yi sayınız. Bu işlemin üstünlüğü yeni bir sayma için kaynağı aynı konuma yerleştirmenin zorunlu olmayışıdır.  $r(A)$ ,  $r(B)$ ,  $r(A+B)$  sayma hızlarını Eşitlik 5.7 'de yerine yazarak ölü zamanı bulunuz.



Şekil 5.1. Deney Düzeneği

**ÇİZELGE 5.1**

<b>KAYNAK</b>	<b>T(s)</b>	<b>SAYMA</b>	<b>r (sayma / s)</b>
A			
B			
A+B			

## DENEY 6

### SOĞURMA KATSAYISININ TAYİNİ

#### 6.1. KONU

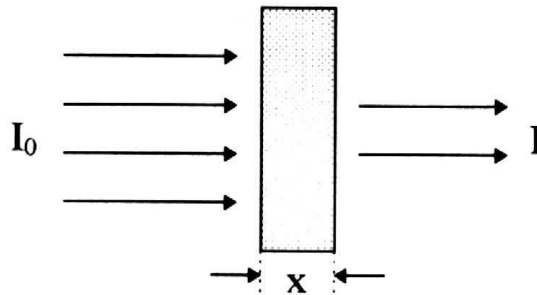
Hava, alüminyum ve kurşunun  $Ra^{226}$  radyoaktif kaynağından yayınlanan gamma ışınları için soğurma katsayısının hesaplanması.

#### 6.2. TEORİK BİLGİLER

Herhangi bir ışıma, madde içinden geçerken enerjisinin bir kısmını bu maddenin atomlarına çeşitli şekillerde terkedeceği için şiddeti azalır.  $I$  şiddetindeki ışıma  $dx$  kalınlığındaki ince bir madde tabakasını geçerken şiddet azalması,

$$dI = -\mu I dx \quad (6.1)$$

olur. Eksi işareti şiddette azalma olduğunu gösterir. Burada  $\mu$ , birim uzunluk başına şiddet azalması olup soğurma katsayısı olarak adlandırılır.



Şekil 6.1 Işımanın Madde Ortamında Soğurulması

Işımanın  $x$  kalınlığındaki bir madde tabakasına girerkenki şiddeti  $I_0$  ile gösterilirse, Eşitlik 6.1 den;

$$\ln(I/I_0) = -\mu x \quad (6.2)$$

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (6.3)$$

soğurma denklemi elde edilir.

Eşitlik 6.2 den  $I_0$  ve  $I$  şiddetleri yerine, iyonlaştırıcı tanecik sayısı ile orantılı olan  $N_0$  ve  $N$  puls sayıları yazılarak her iki yanın tabii logaritması alınır,

$$\ln N = \ln N_0 - \mu x \quad (6.4)$$

$\ln N = f(x)$  grafiği, eğimi  $(-\mu)$  olan bir doğru şeklindedir.

### 6.3. DENEYİN YAPILIŞI

Radyoaktif kaynaktan çıkan parçacıkların, dedektöre olan değişik uzaklıkları için dedektördeki saymaları ve zamanı tespit ederek  $\ln I = f(x)$  grafiğini çiziniz. Bu grafiği kullanarak hava ortamı için soğurma katsayısını hesaplayınız.

Aynı deneyi radyoaktif maddenin karşısına alüminyum ve kurşun koyarak tekrarlayınız ve soğurma katsayılarını hesaplayınız.

**ÇİZELGE 6.1. Hava Ortamı için soğurma katsayısı**

<b>x(cm)</b>	<b>N (Sayım)</b>	<b>t (s)</b>	<b>I (sayma/s)</b>	<b><math>\ln I</math></b>

**ÇİZELGE 6.2. Alüminyum (Al) için soğurma katsayısı**

<b>x(cm)</b>	<b>N (Sayım)</b>	<b>t (s)</b>	<b>I (sayma/s)</b>	<b>InI</b>

**ÇİZELGE 6.3. Kurşun (Pb) için soğurma katsayısı**

<b>x(cm)</b>	<b>N (Sayım)</b>	<b>t (s)</b>	<b>I (sayma/s)</b>	<b>InI</b>

**6.4. SORULAR**

1. Kütlesel ve atomik soğurma katsayılarını tanımlayınız.
2. 1,33 MeV Enerjili bir gamma ışını demeti, şiddetinin yarıya inmesi için ne kadar kalınlıkta bir madde tabakasından geçmelidir?

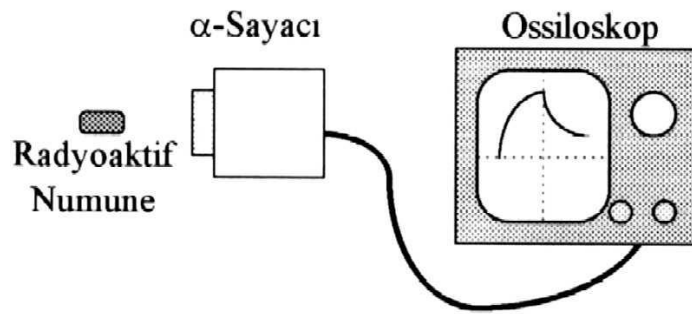
## DENEY 7

### ALFA PARÇACIKLARININ SAYIMI

#### 7.1. KONU/AMAÇ

Bir radyoaktif maddeden yayınlanan alfa parçacıklarının sayımı ve osiloskopta gözlenmesi.

#### 7.2. TEORİK BİLGİLER



Şekil 7.1 Deney Düzenegi

Alfa parçacıklarının özellikleri incelendiğinde girdikleri ortamdaki gazları fazla miktarda iyonlaştırdıkları görülmüştür. Ortamda iyonlaştırma esnasında enerjilerini ve hızlarını kaybederler. Daha sonra elektron yakalayarak nötr hale geçerler. Tabii radyoaktif elementlerden salınan alfa parçacıklarının hızı  $1,4 \cdot 10^6$  cm/s ile  $2,2 \cdot 10^9$  cm/s arasında değişir. Ancak belli elementlerden yayınlanan alfa parçacıklarının daima bilinen bir hızı ve enerjisi vardır. Yani belli elementlerden yayınlanan alfa parçacıkları keskin bir enerji spektrumuna sahiptir. Alfa parçacıklarının giricilik özelliği çok azdır. Bir kağıttan bile geçemezler.

#### 7.3. DENEYİN YAPILIŞI

Sayacın içinde yarı iletken bir kristal vardır. Radyoaktif maddeden yayınlanan ışınlar, dedektör tarafından alınmaktadır. Bu dedektöre bir osiloskop bağlıdır. Radyoaktif maddeden çıkan alfa ışınları osiloskopta elektrik pulsarı şeklinde görülmektedir. Osiloskopta görülen şekli inceleyiniz.



## DENEY 8

### FOTOELEKTRİK OLAY

#### 8.1. KONU/AMAÇ

Fotoelektrik olayın incelenmesi, durdurucu potansiyelin bulunması, Planck sabitinin hesaplanması.

#### 8.2. KULLANILAN ARAÇ-GEREÇ

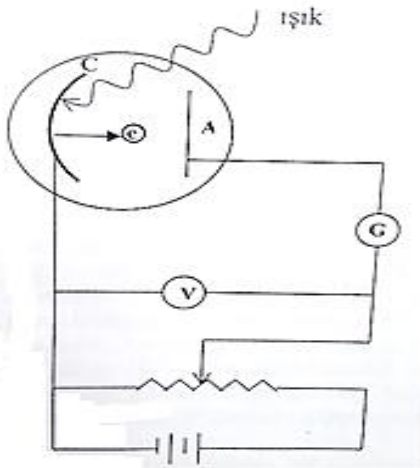
Fotoelektrik olay düzeneği

#### 8.3. ÖN ÇALIŞMA SORULARI

- 1) İş fonksiyonu ne demektir?
- 2) Fotoelektrik olayın klasik fizik ile açıklanamayan özellikleri nelerdir?
- 3) Klasik ile açıklanamayan özellikleri ışığın foton kuramı ile nasıl açıklanmıştır?

#### 8.4. TEORİK BİLGİ

Işığa duyarlı metal yüzey üzerine ışık ışınları düşürüldüğünde, yüzeyden elektronların kopması olayına fotoelektrik olay denir. Yayınlanan elektronlar fotoelektron adını alır. Bu olayın keşfi 19. yüzyılın sonlarında Hertz tarafından yapılmıştır.



**Şekil 1: Fotoelektrik olayın gözlemlendiği devre şeması**

Fotoelektrik olayın oluştuğu devre şeması Şekil 1’de görülmektedir. Havası boşaltılmış cam veya kuvars tüpte, C metal plakası bataryanın negatif kutbuna bağlanır. A metal plakası ise pozitif kutba bağlanır. Tüp karanlıkta tutulduğunda ampermetre sıfırı gösterir. C plakası üzerine monokromatik bir ışık düşürüldüğünde elektrottan elektron kopmaktadır. Daha yüksek potansiyeldeki A plakası bu elektronu çeker ve akım oluşur.

Eğer A elektrotu daha düşük potansiyelde tutulacak olursa kopan fotoelektronları itecektir. Bu durumda

fotoelektronlardan bazıları geri döner, bu itici potansiyeli yenecek kinetik enerjiye sahip olan elektronlar A’ya ulaşabilir ve akım oluşur. İtici potansiyelin değeri yükseltildikçe akım azalır. En yüksek kinetik enerjili fotoelektronun katoda ulaşamadığı sınır değerine gelindiğinde akım sıfır

olur. İşte, en büyük fotoelektronun kinetik enerjisine sahip olan bu voltaj değerine durdurucu potansiyel ( $V_s$ ) denir.

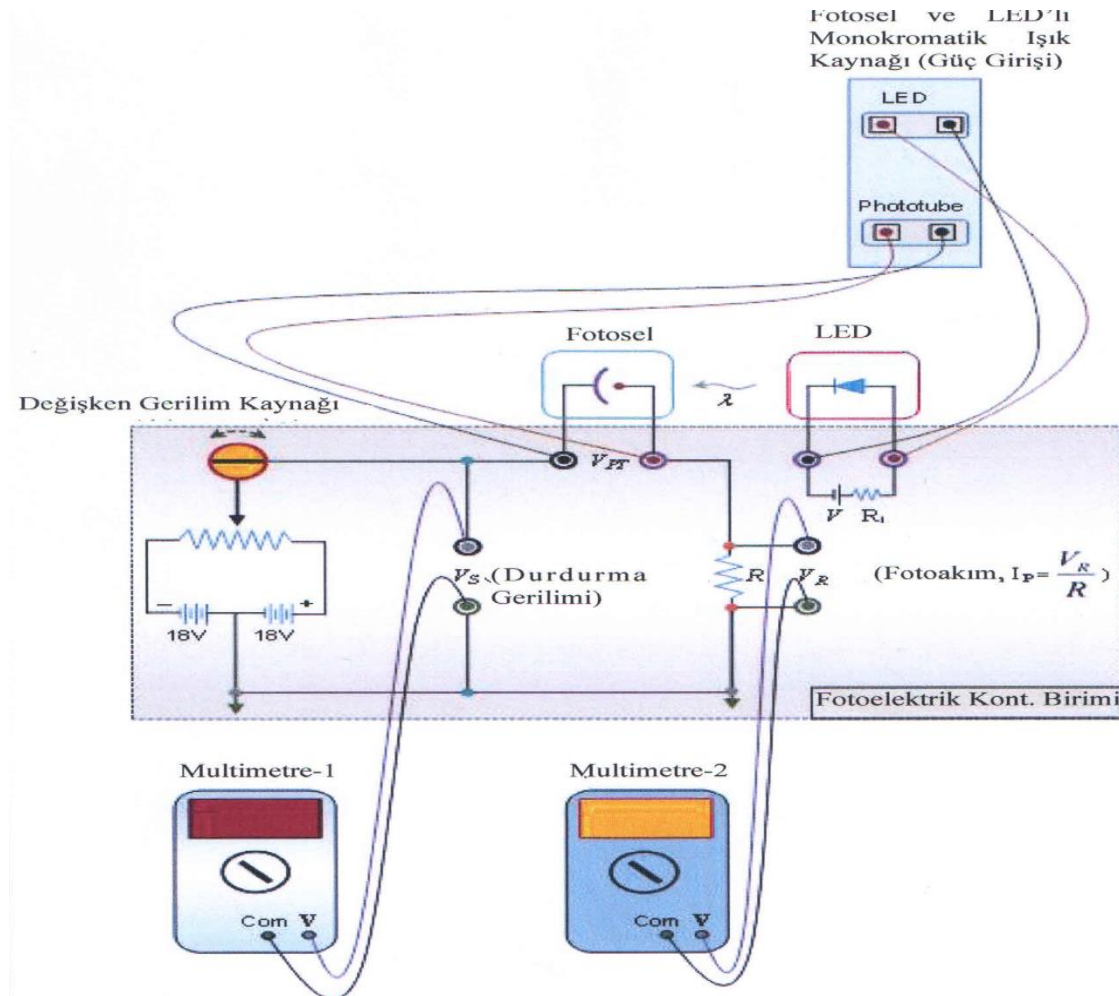
$$K_{\max} = \frac{1}{2} m_e u^2 = e V_s \quad (7.1)$$

$$K_{\max} = h\nu - \phi \quad (\phi : \text{metalin iş fonksiyonu}) \quad (7.2)$$

Elektron enerjileri ve iş fonksiyonu genellikle elektron volt cinsinden açıklanır.

$$1 \text{ eV} = 1,06 \times 10^{-19} \text{ J}$$

### 8.5. DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 2: Fotoelektrik olay düzeneği

Şekil 2'deki devreyi kurunuz. Devre üzerinde ışık kaynağı olarak her bir ledin dalga boyu nanometre cinsinden verilmektedir ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Gerilim ayarlama butonu ile devredeki gerilim multimetre 1'den, direnç uçları arasındaki gerilim multimetre 2'den okunacaktır. Multimetre 1'i 18 V olacak şekilde ayarlayın. Değişken gerilim kaynağı butonunu yavaş yavaş çevirin. Multimetre 2'den takip ederek,  $V_R = 0$  olacak şekilde ayarlayın. Multimetre 1'den  $V_s$  değerini okuyun.

$V_R$  'yi 0 olacak şekilde ayarlayarak, farklı ışık dalga boyları için durdurma potansiyelini bulun. Elde ettiğiniz verileri Çizelge 8.1'e kaydedin.

**ÇİZELGE 8.1: Fotoelektrik etki için bulunan değerler**

$\lambda \text{ (m)}$	$f \text{ (Hz)} = c / \lambda$	$V_s \text{ (V)}$
$3,85 \times 10^{-7}$		
$4,05 \times 10^{-7}$		
$4,28 \times 10^{-7}$		
$4,70 \times 10^{-7}$		
$5,05 \times 10^{-7}$		
$6,05 \times 10^{-7}$		

Çizelge 8.1'den elde ettiğiniz verilere göre  $V_s - f$  grafiğini çizin.

**Soru:** Grafiğin eğimi neyi verecektir?

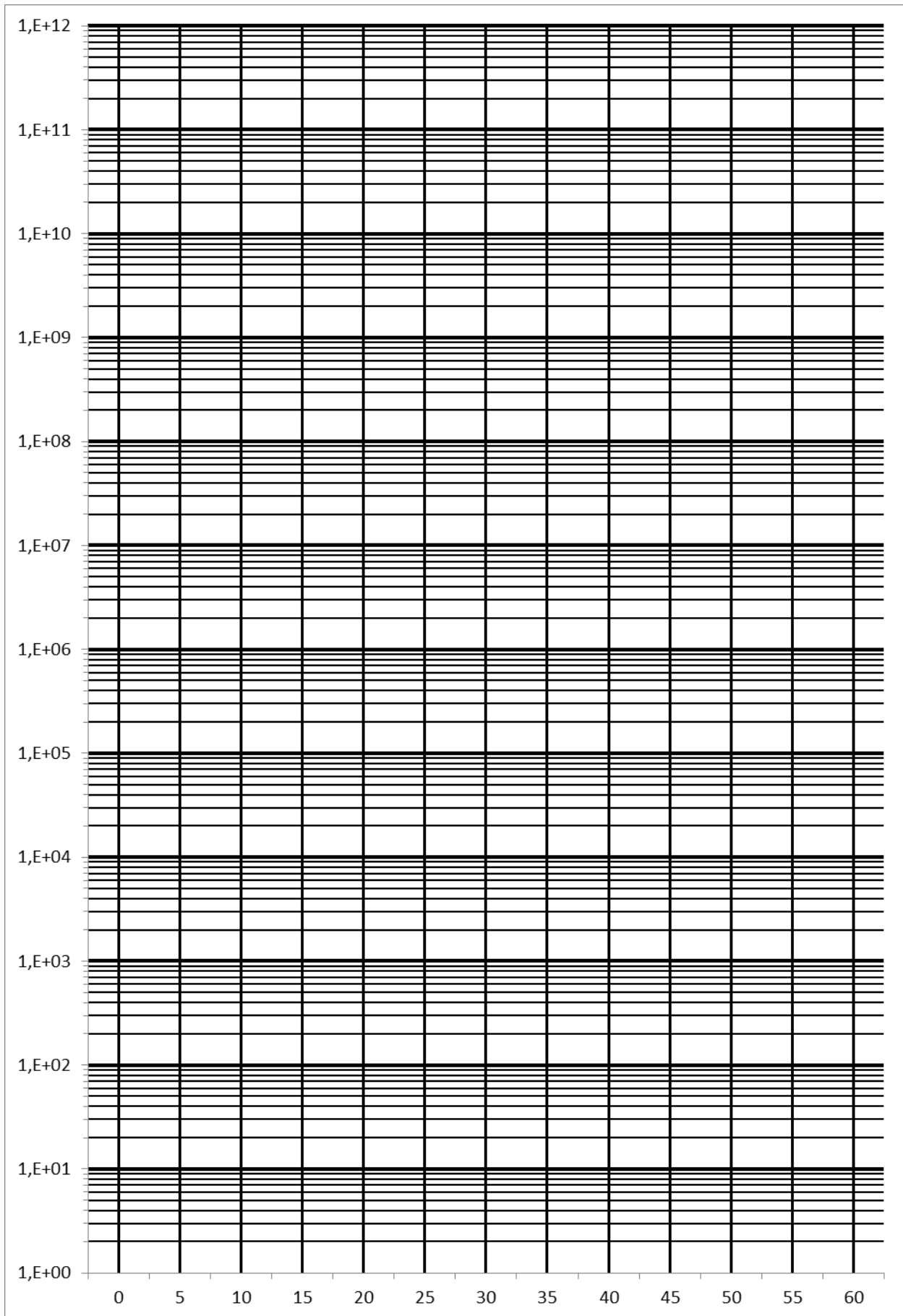
Planck sabitini  $V_s$  ve  $J.s$  cinsinden hesaplayınız. Çizelge 8.2'yi doldurunuz.

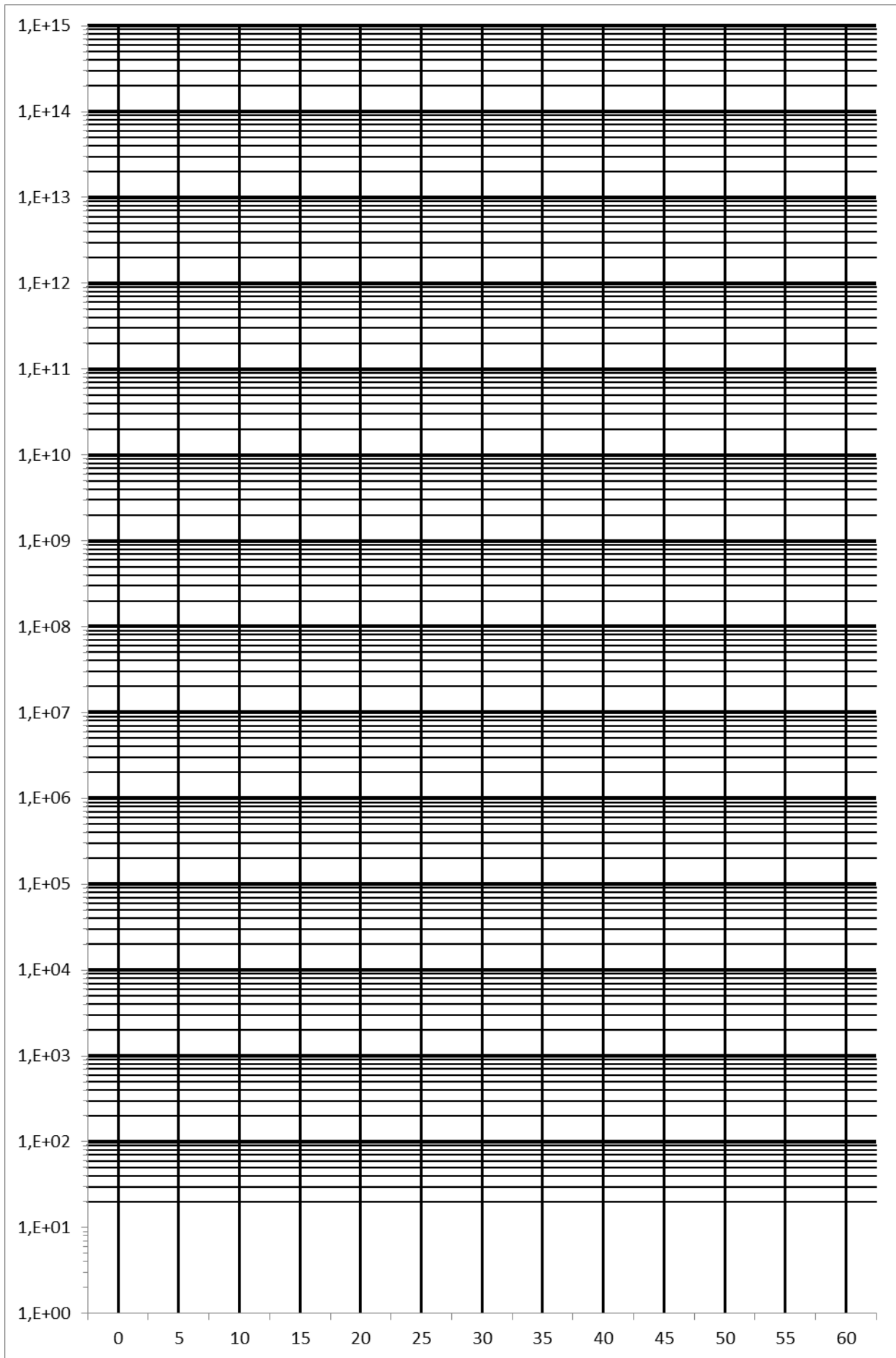
**ÇİZELGE 8.2: Planck sabitinin bulunan değerleri**

	Planck sabiti (V.s)	Planck sabiti (J.s)
Teorik değer		
DeneySEL değer		
% Fark		

## 8.6. SONUÇ VE YORUM

**EK-1**  
**YARI LOGARİTMİK KAĞITLAR**





## EK-2

### EN KÜÇÜK KARELER METODU

En küçük kareler metodu bir deneye ait noktalar takımına en uygun fonksiyon uydurmak için kullanılır.  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_N, y_N)$  denel noktalarına  $y = a + bx$  fonksiyonunun uydurulması gerektiğini farzedelim. Güvenilir bir sonuca ulaşmak için deneysel noktalarla en iyi uyumu sağlayacak olan  $a$  ve  $b$  sabitlerinin bulunması gereklidir.

En küçük kareler metodu, prensip olarak teorik değerlerden gerçek değerlerin sapmalarının karelerinin toplamının minimum olmasını gerektirir. Gerçek değer( $y$ ) ile teorik değer( $y_t$ ) arasındaki fark  $\Delta y$  ile gösterilirse,

$$\Delta y = y - y_t \quad (1)$$

olur.  $N$  tane deneysel nokta için,

$$\sum_{i=1}^N (\Delta y)^2 = \sum_{i=1}^N (y - y_t)^2 \rightarrow \text{Minimum} \quad (2)$$

olmalıdır. Burada

$$y_t = a + bx \quad (3)$$

dir. Eşitlik-2 ile verilen ifadenin minimum olma şartını sağlayan  $a$  ve  $b$  sabitleri, matematiksel kural gereğince aynı eşitliğin  $a$  ve  $b$ 'ye göre türevlerinin sıfıra eşitlenmesi ile bulunur. Yani;

$$\frac{\partial}{\partial a} \left( \sum_{i=1}^N (y - y_t)^2 \right) = 0 \quad (4.a)$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \left( \sum_{i=1}^N (y - y_t)^2 \right) = 0 \quad (4.b)$$

$$\frac{\partial}{\partial a} \left( \sum_{i=1}^N [y - (a + bx)]^2 \right) = 2Na - 2 \sum_{i=1}^N y + 2b \sum_{i=1}^N x = 0 \quad (5.a)$$

$$\frac{\partial}{\partial b} \left( \sum_{i=1}^N [y - (a + bx)] \right)^2 = 2b \sum_{i=1}^N x^2 - 2 \sum_{i=1}^N xy + 2a \sum_{i=1}^N x = 0 \quad (5.b)$$

Eşitlik-5.a ve 5.b den,

$$\sum_{i=1}^N y = Na + b \sum_{i=1}^N x \quad (6.a)$$

$$\sum_{i=1}^N xy = a \sum_{i=1}^N x + b \sum_{i=1}^N x^2 \quad (6.b)$$

bulunur. Bu eşitliklerden a ve b çekilirse,

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N xy - \sum_{i=1}^N x \sum_{i=1}^N y}{N \sum_{i=1}^N x^2 - \left( \sum_{i=1}^N x \right)^2} \quad (7)$$

$$a = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N y - b \sum_{i=1}^N x \right) \quad (8)$$

olur.

En küçük kareler metodu lineer fonksiyonlara uygulandığı gibi eksponansiyel fonksiyonlara da uygulanabilir.

$$y = k e^{mx} \quad (9)$$

fonksiyonu  $\ln y = \ln k + mx$  şeklinde yazılabilir. Dikkat edilirse  $\ln y = f(x)$  fonksiyonu eğimi m olan bir doğrudur. Eşitlik 7 ve 8 'den k ve m sabitlerinin değerleri,



$$m = \frac{N \sum_{i=1}^N x \ln y - \sum_{i=1}^N x \sum_{i=1}^N \ln y}{N \sum_{i=1}^N x^2 - \left( \sum_{i=1}^N x \right)^2} \quad (10)$$

$$k = \exp \left[ \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \ln y - m \sum_{i=1}^N x \right) \right] \quad (11)$$

bulunur.

En küçük kareler metodunun nükleer fizikteki uygulamalarına bir örnek verelim:

### **ÖRNEK PROBLEM**

Başlangıç aktivitesi  $A_0$  olan radyoaktif bir kaynağın eşit zaman aralıklarında ölçülen aktivitesi aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

ZAMAN (Saat)	AKTİVİTE (Bq)
0.5	4680
1.0	2982
1.5	1958
2.0	1341
2.5	965
3.0	729
3.5	580
4.0	481

Kaynağın, bozunma sabitini ( $\lambda$ ), yarı ömrünü ( $t_{1/2}$ ), başlangıç aktivitesini ( $A_0$ ) ve  $t = 6$  saat sonraki aktivitesini hesaplayınız.

## ÇÖZÜM:

Radyoaktif bozunma kanunu;

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (12)$$

formunda olup, tablodaki noktalar takımı bu fonksiyona uydurulmalıdır (fit edilmelidir). Ekspansiyel fonksiyon için uydurma(fit) parametreleri Eşitlik-10 ve 11 de verilmişti. Eşitlik-9 da  $y \rightarrow A$ ,  $x \rightarrow t$  dönüşümleri yapılırsa,  $k = A_0$  ve  $m = -\lambda$  olur. Eşitlik-10 ve 11 den

$$m = -\lambda = \frac{N \sum_{i=1}^N t \ln A - \sum_{i=1}^N t \sum_{i=1}^N \ln A}{N \sum_{i=1}^N t^2 - \left( \sum_{i=1}^N t \right)^2} \quad (13)$$

$$k = A_0 = \exp \left[ \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \ln A - m \sum_{i=1}^N t \right) \right] \quad (14)$$

elde edilir. Bu bağıntılardan  $A_0$  ve  $\lambda$  yı hesaplayabilmek için,  $\left( \sum_{i=1}^N \ln A \right)$ ,  $\left( \sum_{i=1}^N t \right)$ ,  $\left( \sum_{i=1}^N t \ln A \right)$ ,

$\left( \sum_{i=1}^N t^2 \right)$  toplamalarının bulunması gereklidir. Tabloda 8 tane nokta takımı verildiğinden,  $N = 8$  dir.

$$\sum_{i=1}^8 t = 0.5 + 1.0 + 1.5 + \dots + 4.0 = \mathbf{18}$$

$$\sum_{i=1}^8 \ln A = \ln 4680 + \ln 2982 + \ln 1958 + \dots + \ln 481 = \mathbf{57.235}$$

$$\sum_{i=1}^8 t \ln A = 0.5 \times \ln 4680 + 1.0 \times \ln 2982 + 1.5 \times \ln 1958 + \dots + 4 \times \ln 481 = \mathbf{121.93}$$

$$\sum_{i=1}^8 t^2 = 0.5^2 + 1.0^2 + 1.5^2 + \dots + 4.0^2 = \mathbf{51}$$

$$m = -\lambda = \frac{8(121.93) - (18)(57.235)}{8(51) - (18)^2} (\text{Saat})^{-1} = \mathbf{-0.6525 (\text{Saat})^{-1}}$$

buradan bozunma sabiti  $\lambda = \mathbf{0.6525 (\text{Saat})^{-1}}$  ve yarı ömür  $t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \mathbf{1.062 \text{ Saat}}$  bulunur.

Kaynağın başlangıç aktivitesi ( $t = 0$  anındaki aktivite);

$$k = A_0 = \exp \left[ \frac{1}{8} (57.235 - (-0.6525)18) \right] = \mathbf{5555.3 \text{ Bq}}$$

Radyoaktif kaynağın bozunma denklemi;

$A(t_{\text{saat}}) = 5555.3 \exp(-0.6525 \times t)$  (Bq) dir. İstenilen bir t anındaki aktivite bu denklem kullanılarak kolayca hesaplanabilir.

t = 6 saat için;  $A(t=6 \text{ saat}) = 5555.3 \exp(-0.6525 \times 6) = \mathbf{110.78 \text{ Bq}}$



\* En küçük kareler metodu çok sayıdaki deneysel noktalar takımına uygulandığında oldukça fazla zaman aldığından, uydurma parametreleri genelde bilgisayar programları kullanılarak hesaplanır. Nükleer fizikte sıkça kullanılan radyoaktif bozunma fonksiyonu ( $A = A_0 \exp(-\lambda t)$ ) için fit parametrelerini hesaplayan **BASIC** programı aşağıda verilmiştir.

```

10   CLS
20   INPUT "N=";N
30   FOR K = 1 TO N
40   INPUT "GEÇEN ZAMAN(T)= ";T
50   INPUT "AKTİVİTE(A)= ";A
60   LNA = LOG(A)
70   X = X + T
80   Y = Y + LNA
90   XY = XY + T * LNA
100  X2 = X2 + T^2
110  NEXT
120  DC = (-1) * ( N * XY - X * Y ) / ( N * X2 - X^2 )
130  HL = 0.69314718 / DC
140  A0 = EXP ( ( Y + DC * X ) / N )
150  PRINT "BOZUNMA SABİTİ=";DC
160  PRINT "YARIÖMÜR=";HL
170  PRINT "BAŞLANGIÇ AKTİVİTESİ A(0)= ";A0

```