



Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fizik Bölümü

FİZ 204

MODERN FİZİK LABORATUVARI

DENEY FÖYLERİ

Deney 1 - Franck-Hertz Deneyi

Deney 2 - Elektron Demeti Tüpü ile Elektronların e/m Özgül Yüklerinin Bulunması

Deney 3 - Fotoelektrik Olay

Deney 4 - Radyoaktivite ve Geiger-Müller Sayacı

Deney 5 - Hidrojenin Balmer Serisinden H_{α} , H_{β} , H_{γ} ve H_{δ} Dalgaboylarının Bulunması

RAPOR NASIL YAZILIR

Bir rapor temelde aşağıdaki oğeleri içermelidir.

- **BAŐLIK**
- **DENEYİN AMACI**
- **İŞLEM BASAMAKLARI**
- **TABLolar**
- **HESAPLAMALAR**
- **YORUMLAR VE SONUÇLAR**

1. BAŐLIK

Bu bölüm, deneyin ana amacını birkaç kelimeyle anlatır.

2. DENEYİN AMACI

Deneyi yapmaktaki amaç ve deneyde ulaşılması beklenen sonuçların yazıldığı bölümdür.

3. İŞLEM BASAMAKLARI

Bu bölümde, deneyi düzeneğini kurarken rastladığınız ve önemli gördüğünüz noktaları yazmanız gerekir.

4. TABLolar

Elde ettiğiniz bütün verilerin düzenli bir Şekilde tabloya döküldüğü bölümdür. Bir tabloda bulunan bütün değerlerin birimleri, ilgili yerlere yazılmalıdır.

5. HESAPLAMALAR

Bu bölüm bir raporun kalbidir. Burada DENEYİN AMACI bölümünde belirttiğiniz ifadelerin hepsi gerekli hesaplamalar yapılarak ispatlanmalıdır. İzlenmesi gereken yol aşağıdaki gibi olmalıdır.

• **Hesap nasıl yapılır ?**

İlk olarak hesapları yaparken kullandığınız formül ve bağıntılarının yazılması (düzenli olması isteniyorsa hesapların başından itibaren numaralanmalıdır) gerekmektedir. Sonra hesaplamalara başlanmalıdır. Daha sonrasında hesaplanmış değerlerin birimleri yazılmalıdır. Birimler belirtilmemiŐ ise bunlarda gerekli formüller kullanılarak

türetilmelidir. Ve sonunda bulduğunuz değeri bir “**fizikçi**” kafasıyla standart birim sistemine ilgili yere yazmanız gerekmektedir.

- **Grafik nasıl çizilir ?**

En başta uygun grafik kağıdının (logaritmik, lineer....) seçilmesi ile işe başlanmalıdır. Sonra hangi eksene hangi değişkenin yazılması gerektiğine karar verilmelidir. Genel bir kural olarak, bağlı değişkeni x-eksenine bağlı değişkenle değişen fonksiyonu y-eksenine yerleştirmek gerekir. Ek olarak eksenlerin ölçekleri de ayarlanmalıdır. Ölçeklerin ayarlanmasında en büyük veriden (data) en küçük veri (data) çıkarılır ve eksenin uzunluğuna bölünür. EN MANTIKLI ÖLÇEĞİ SEÇMEYİ UNUTMAYIN. Gerekliyse grafiğin eğimi hesaplayabilirsiniz. Son olarak, EKSENLERE BİRİM YAZMAYI UNUTMAYIN.

6. YORUMLAR VE SONUÇLAR

Bu kısımda teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Ayrıca karşılaşılan hatalarında yazılması gerekmektedir. Deneyi daha önce anlattığımız için, İŞLEM BASAMAKLARINI TEKRAR YAZMAYIN

DENEY 1

FRANCK-HERTZ DENEYİ

DENEYİN AMACI

- Franck-Hertz deneyi seti ve bir osiloskop yardımıyla, içersinde civa atomları bulunan Franck-Hertz tüpünün akım gerilim grafiğini görüntülemek.
- Akım-gerilim grafiğinden, civa atomundaki kesikli enerji seviyelerinin varlığını görmek.
- Akım-gerilim grafiğinden yararlanarak, civa atomunun ilk uyarılma enerjisini hesaplamak.
- Civa atomunu iyonlaştıracak ışık fotonunun dalga boyunu hesaplamak.

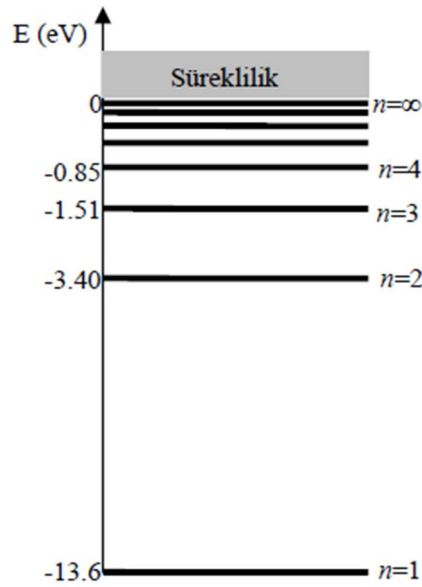
GİRİŞ

Franck-Hertz deneyi 1925 yılında Nobel Fizik  d l n  almaya hak kazandırmıő, önemli bir deneydir. 1914 yılında, Alman fizikçiler Gustav Ludwig Hertz ve James Franck yaptıkları deneyde belli bir seviyenin üstünde enerjiye sahip elektronların, civa buharından geçerken farklı basamaklarda enerji kaybettiğini ve civanın morötesi (UV)  izgide ($\lambda=254$ nm) emisyonla uğradığını gözlemlemiŐlerdir. Böylece atomların enerji seviyelerini deneysel olarak ölçerek, kuantum mekaniğinin habercisi olan Bohr atom modelini (1913) dođrulamıŐlardır.

TEORİ

Danimarkalı bilim adamı Niels Bohr tarafından önerilen atom modeline göre, bir atomdaki elektronlar çekirdek etrafında belirli enerji seviyelerinde hareket ederler. Elektron ya da elektronları, mümkün olan en d Őuk enerjili düzeyde olan atoma “temel durumda“ ya da “taban durumunda” denir. Taban durumuna göre enerjisi daha fazla olan durumlara ise “uyarılmış durumlar“ denir. Atomu taban durumundan bir üst enerji durumuna çıkarmak için gerekli enerjiye “birinci uyarılma enerjisi” denir. Hidrojen için birinci uyarılma enerjisi $n=1$ ve $n=2$ düzeyleri arasındaki enerji farkı olan $13.6-3.40=10.20$ eV’ dur. Elektronların enerjilerini arttırarak, temel durumda bulunan-ki bunlar çekirdeğe en yakın elektronlardır- elektronu daha üst enerji seviyelerine çıkartmak veya daha yüksek enerjilerle elektronu tamamen atomdan koparmak mümkündür. Taban durum için $n=1$ ’dir ve hidrojen atomu için bu düzeyin $E_1=-13.6$ eV’ luk bir enerjisi vardır. Bir sonraki durum ya da ilk uyarılmış durum için $n=2$ ’ dir ve $E_2=-3.4$ eV’ luk bir enerjiye sahiptir. Uyarılmış durumların enerjisi, n artıkça birbirine yaklaŐır ve $n \rightarrow \infty$ durumunda enerji sıfırdır. Enerjinin sıfır veya pozitif olması,

elektronun artık çekirdeğe bağlı olmaksızın serbestçe hareket edebildiği anlamına gelir. Bu durumda enerji artık kesikli değil sürekli değerler alır (Şekil1). Atomu iyonlaştırmak yani taban durumundaki bir elektronu çekirdeğin etkisinden tamamen uzaklaştırmak için gerekli minimum enerjiye iyonlaşma enerjisi denir. Başka bir ifadeyle, iyonlaşma enerjisi temel haldeki atomun en dış yörüngesindeki elektronun bağlanma enerjisine eşittir. Yalnızca 1 elektronu olan hidrojen için iyonlaşma enerjisi 13.6 eV' a eşittir. Tek elektronlu bir atom olduğu için ikici iyonlaşma enerjisinden bahsedilemez. Franck ve Hertz'in bu deneyde kullandıkları civa atomu için birinci ve ikinci iyonlaşma enerjileri sırasıyla $E_1=10.437$ eV ve $E_2=18.759$ eV' dur.



Şekil1. Hidrojen atomu için kuantumlu enerji düzeyleri

Bir atom uyarılmış halde uzun süre kalmaz. Yaklaşık 10^{-8} s kadar bir süre sonra tekrar taban durumuna döner. Taban durumuna dönerken elektron, enerji seviyeleri arasındaki fark kadar enerjiye sahip bir foton salar (ışınım yapar). Hidrojen atomunun birinci uyarılmış seviyesinden taban durumuna dönerken elektronun yaydığı fotonun dalgaboyu $1.21 \cdot 10^{-7}$ m' dir. O halde hidrojen atomunu ancak $1.21 \cdot 10^{-7}$ m' den daha küçük dalgaboylu bir fotonla birinci seviyeye uyararak mümkün olabilir. Beyaz ışık ile hidrojen absorpsiyonuna baktığımızda bu dalgaboyuna karşılık gelen koyu bir çizgi görürüz.

Elektron bir foton vererek doğrudan doğruya ya da birkaç foton vererek basamaklı olarak taban durumuna döner. Salınan fotonun enerjisinden yola çıkarak atomun enerji seviyeleri hakkında bilgi edinilebilir. Atomu n. seviyeye uyarlamak için gerekli enerji;

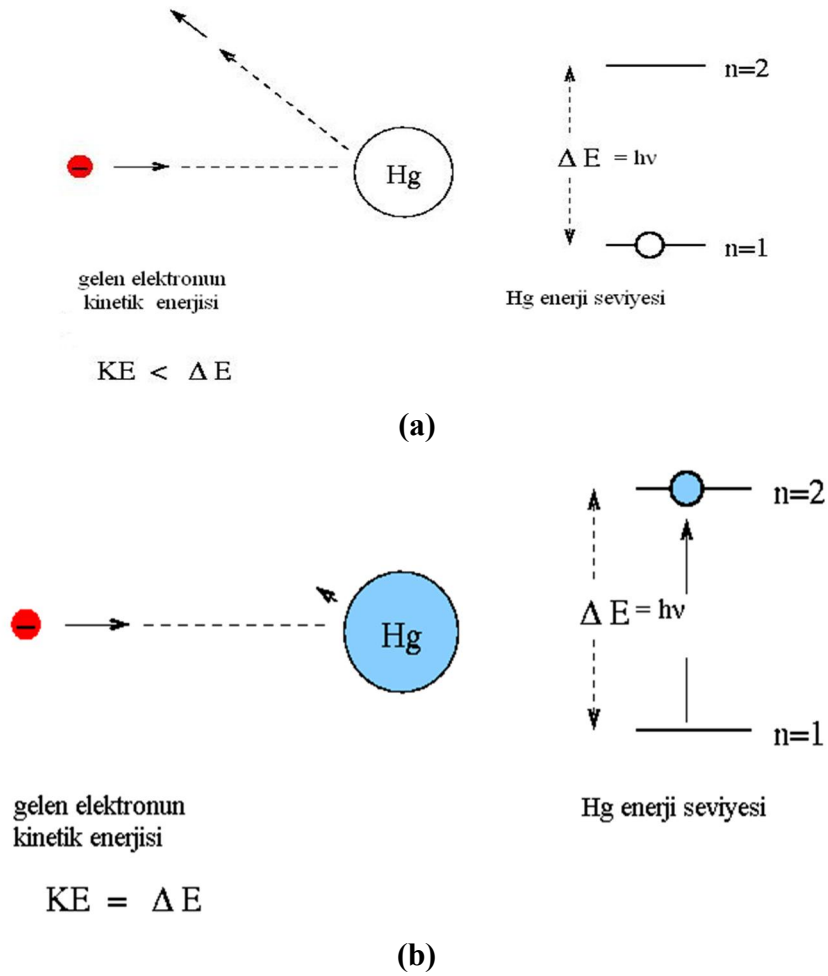
$$E_{(\text{uyarılma enerjisi})_n} = E_n - E_1$$

ile verilir. Bir atomu uyarlamak, yani temel enerji durumundaki bir elektronunu bir üst enerji seviyesine geçirmek, veya iyonlaştırmak için verilen enerjiyi çarpışma ile uyarılma ve foton absorpsiyonu ile uyarılma olmak üzere iki farklı yolla sağlamak mümkündür. Çarpışma ile uyarılmada hızlandırılmış bir elektron, elektronlar ya da iyonların bu atom ile çarpıştırılması sonucunda, sahip oldukarı kinetik enerjinin bir kısmı atomun bir üst enerji seviyesine uyarılmasına sebep olabilir. Üst enerji seviyesinde bulunan bir atom bir ya da daha fazla foton yayarak temel duruma döner. Uyarılmanın olabilmesi için, seyreltilmiş gazın bulunduğu bir elektrik deşarj tüpünde elektronlar, bir elektrik alan tarafından hızlandırılarak çarpışma esnasında gazın atomlarını bir üst enerji seviyesine uyarabilecek kinetik enerji miktarına ulaştırılmalıdır. Foton absorpsiyonu ile uyarılmada ise atomu bir üst enerji seviyesine çıkarabilecek miktarda enerjiye sahip bir fotonun absorpsiyonu ile atomik uyarma mümkün olur. Bu deneyde civa atomunun enerji seviyelerinin uyarılması, hızlandırılan elektronların civa gazı buharındaki atomlarla çarpıştırılması ile gerçekleştirilmektedir.

Uyarılma enerjisi ve iyonlaşma enerjisi terimlerinden başka, uyarılma potansiyeli (gerilimi) ve iyonlaşma potansiyeli terimleri de sıklıkla kullanılır. “1 elektronun 1 Volt’ luk potansiyel altında hızlanması için gerekli enerji 1 eV (elektronvolt)” olarak tanımlanır (1 eV=1.6×10⁻¹⁹ joule=1.6×10⁻¹² erg). Buna göre uyarılma potansiyeli, eV cinsinden ifade edilen uyarılma enerjisinin sayıca değerine eşittir. Aynı şekilde iyonlaşma potansiyeli de, eV cinsinden ifade edilen iyonlaşma enerjisinin sayıca değerine eşittir.

Franck ve Hertz, farklı elementlerin buharlarını elektronlarla bombardıman ederek, atomlarda belirli durum değişikliklerinin, ancak ve ancak bombardıman eden elektronların belli enerji değerlerine ulaştıkları zaman gerçekleştiğini gözleyerek atomların enerji seviyelerinin kesikliliğine dair ilk doğrudan kanıtı elde etmişlerdir. Bir atom, bir elektrondan çok daha ağır olduğundan, bu süreçte elektron hemen hemen hiç kinetik enerji kaybetmez. Öte yandan, elektronların enerjisi belirli bir kritik değere ulaşınca, plaka akımı birdenbire düşer. Bu olayın yorumu şudur: atomlardan birisiyle çarpışan bir elektron, kinetik enerjisinin bir kısmını veya tamamını, bir atomun elektronunu temel düzeyinden yukarıdaki bir enerji düzeyine uyarlamak için verebilir. Kritik elektron enerjisi, atomun uyarılma enerjisine karşılık gelir.

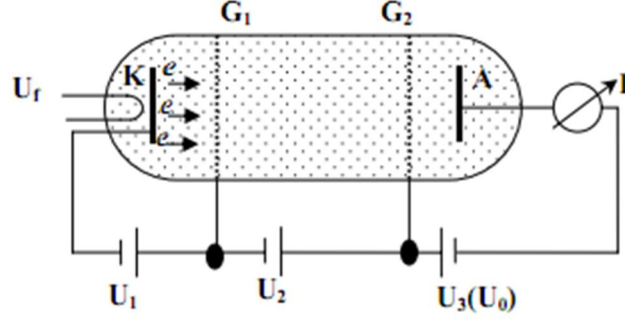
Bu deneyde elektronların enerjileri artırılırken, tüpten geçen elektron akımının değişmesine bakılır. Enerji arttıkça akımın artması (elektronlar artan enerjiyle daha hızlı gideceğinden) beklenirken, belirli elektron enerjilerinde akımın aniden düştüğü görülür. Bunun doğal açıklaması, bu enerjilerde bulunan elektronların, civa atomlarının içindeki elektronları üst enerji seviyelerine çıkartmak için uygun değerde olduklarıdır; enerjilerini civa atomlarına aktardıkları için neredeyse tamamen hızlarını kaybederek akıma katkı yapamaz hale geldiklerinden, akımda ani düşme görülür. Enerjileri daha da artırılırsa, artık civa atomlarındaki iki enerji seviyesi arasındaki farka uymaz, böylece yollarına devam ederek akımı tekrar artırırlar. Enerji, daha yukarıdaki bir civa enerji seviyesine denk gelinceye kadar artmaya devam ettikçe, akım da artar. Enerji, ikinci kez civa atomunun birinciye göre daha yukarıdaki enerji seviyesine ulaşınca olay tekrarlanır; civa atomlarının elektronları uyarılır ve akım düşer. Enerji artmaya devam ettikçe civa atomları da giderek artan belli enerji değerlerinde uyarılmaya devam eder.



Şekil 2. Elektron ve civa atomları arasında (a) esnek çarpışmalar: Gelen elektronların enerjisi eşik enerji değerinin altındaysa, civa atomu uyarılmaz. (b) esnek olmayan çarpışmalar: Gelen elektronun enerjisi civa atomunu uyararak için gerekli enerjiye eşit olduğu anda uyarılma gerçekleşir.

SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Deneyde Franck-Hertz tüpü içindeki civa atomları elektronlarla çarpıştırılarak civa atomlarının uyarılmaları sağlanacaktır. Kullanılan Franck-Hertz tüpü Şekil 3’ de gösterilmiştir.



Şekil 3. Franck-Hertz tüpü.

- Franck-Hetz tüpünün içi yaklaşık $185-190^{\circ}$ ’ ye kadar ısıtılmış civa buharı ile doludur.
- Katot, fitil gerilimi (U_f) ile beslenir. Isınan katot yüzeyden elektronlar sökülür ve katot etrafında bir uzay yükünün birikmesi sağlanır. Sökülen bu elektronlar serbest elektronlardır. Tüp içinde gaz halindeki civa atomları ile çarpışacak olan elektronlar bu elektronlardır.
- U_1 gerilimi, katot ile birinci kafes G_1 arasına uygulanır. U_1 gerilimi seçici gerilimdir, bu gerilim ile katottan sökülen elektronların ne kadarının kafesler arasındaki bölgeye (G_1-G_2 arası) geçeceği kontrol edilir. U_1 gerilimi genelde 0 Volt değerinde tutulur ve en fazla 1 Volt değerine kadar yükseltilir.
- U_2 gerilimi, G_1 ve G_2 kafesleri arasına uygulanır ve hızlandırıcı gerilim olarak adlandırılır. G_1-G_2 arasına kafes (ya da ızgara) bölgesi denir. Bu bölgeye geçen elektronlar U_2 gerilimi ile hızlandırılırlar. Hızlanan elektronların kinetik enerjisi artar.

$$KE = \frac{1}{2} mV^2 = eU_2$$

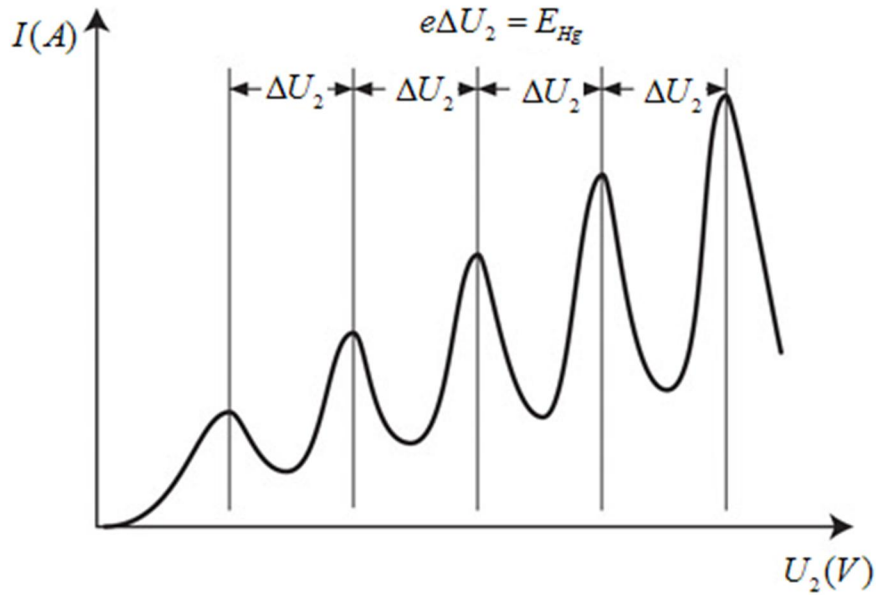
- U_2 gerilimi ile hızlanan elektronlar tüp içinde gaz halindeki civa atomları ile çarpışırlar. Bu çarpışmalar esnek ve esnek olmayan çarpışmalar olmak üzere iki çeşittir.

- U_3 (U_0) gerilimi ise G_2 kafesi ile anot arasına uygulanır ve durdurucu gerilim olarak bilinir. Civa atomları ile çarpışan elektronların hangilerinin anota ulaşacağını belirler. Belli bir değerin altında kinetik enerjiye sahip elektronların anoda ulaşmasını engeller.
- Hızlandırıcı gerilimin düşük değerlerinde elektronlar çok az bir kinetik enerji kazanırlar. Bu durumda elektronların kinetik enerjileri civa atomunun uyarılma enerjiden düşüktür ve elektronlar civa atomları ile sadece esnek çarpışmalar yaparlar.
- Saf esnek çarpışmalarda sistemin toplam kinetik enerjisi değişmez. Civa atomları ile çarpışan elektronlar kinetik enerjilerinden hemen hemen hiçbir şey kaybetmezler.
- Elektronlar kinetik enerjilerini korudukları için U_3 durdurucu gerilimini aşarak anota ulaşırlar. Böylelikle anot akımı artar.
- U_2 gerilimi artırılmaya devam ettiğinde daha çok elektron anota ulaşacak ve anot akımı artmaya devam edecektir.
- Hızlanan elektronların kinetik enerjileri civanın uyarılma enerjisine eşit olduğunda (başka bir deyişle U_2 , civa atomunun uyarılma potansiyeline eşit olduğunda) bir civa atomu ile elektron arasındaki çarpışma, esnek olmayan çarpışmadır. Civa atomu için uyarılma potansiyeli 4.9 V' dur.
- Esnek olmayan çarpışma sonucu, serbest elektronun kinetik enerjisi, civa atomuna bağlı olan bir elektronun enerji seviyesini yükseltecek şekilde bir iç enerjiye dönüşür. Bu, civa atomunun uyarılması olarak adlandırılır.
- Bu yolla, kazandığı tüm kinetik enerjiyi kaybeden elektron U_3 durdurucu gerilimini aşamayacak ve anota ulaşamayacaktır. Bu ise akımda ani bir düşüş demektir.
- U_2 , bu değerden (uyarılma potansiyeli) sonra tekrar artırılmaya devam edildiğinde Şekil 4' den görüldüğü gibi akım yine artmaya başlar. Bunun nedeni ise elastik olmayan çarpışmalar sonucunda enerjisini kaybeden elektronların, katot ile anot arasındaki elektrik alanı sayesinde tekrar ivmelenmesidir. U_2 , uyarılma potansiyelinin tam 2 katı olduğunda (9.8 V), her bir elektron 2 tane esnek olmayan çarpışmada yer alır ve iki civa atomunu uyarır. Bu yolla, yine

tüm kinetik enerjisini kaybeder, durdurucu potansiyeli aşamaz ve akımda yine bir düşüş gözlenir.

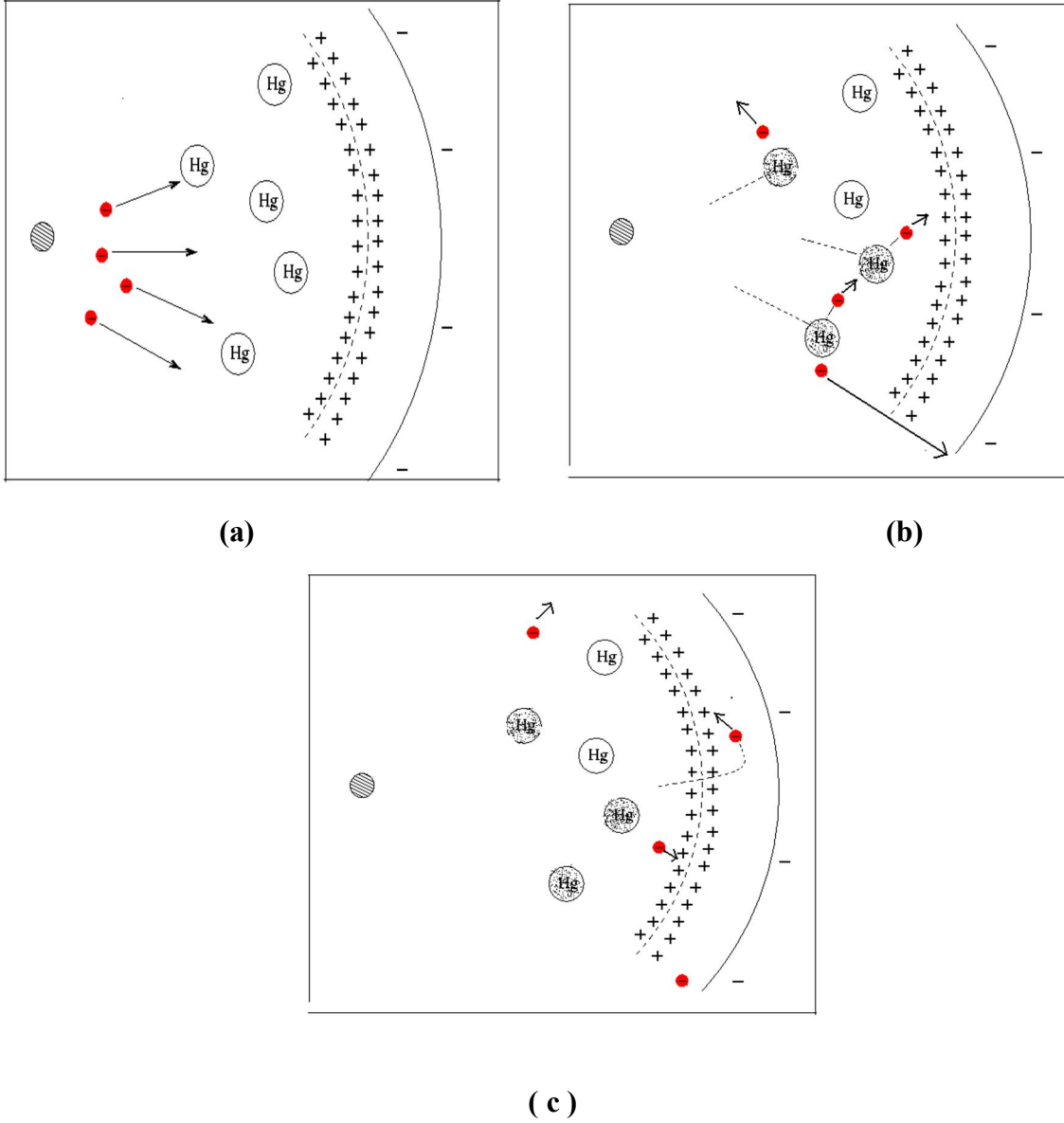
- U_2 , uyarılma potansiyelinin her bir tam sayı katına geldiğinde bu süreç devam eder. Her seferinde elektron ek bir esnek olmayan çarpışmada yer alır.
- U_2 arttıkça, elektronlar civa atomunu uyaracak enerjiyi kafes bölgesinde (G_1 - G_2 arasında) daha kısa bir yol kat ederek kazanırlar.

Civa atomları ile serbest elektronların arasındaki esnek ve esnek olmayan çarpışmalar Şekil 2-5' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Civa ile yapılan Franck-Hertz deneyinde ivmelenme voltajının fonksiyonu olarak toplayıcı elektrota doğru olan elektron akımı grafiği.

Gerilim farkı 4.9 V olduğunda akımın neden düştüğü şöyle açıklanabilir: Franck-Hertz deneyinde civa atomları, elektronların kinetik enerjisi 4.9 eV olduğunda taban (temel) enerji düzeyi denilen basamaktan bir üst enerji düzeyine (uyarılmış enerji düzeyi) bu enerjiyi alarak geçer ve $hf = 4.9 \text{ eV}$ a karşılık gelen f frekansında ışık yayarak dönerler.



Şekil 5. Katottan çıkan elektronların ve Franck-Hertz tüpü içindeki civa atomlarının davranışı. (a) Elektronlar ivmelenerek anottan önde bulunan ağa doğru hareket ederler. (b) Ağa çok yaklaşan elektronlar civa atomlarına çarparak uyarılmayı gerçekleştirirler. (c) Uyarılma olayına katkıda bulunan elektronların enerjisi düşer ve ağdan geri dönerler, hiçbir çarpışmaya katılmayan elektronlar ise anoda ulaşırlar.

Civa atomu tarafından elektronlardan başlangıçta alınan enerji, f frekansında ışık olarak ortama salınmıştır (Şekil 2). Elektronlar, enerjilerini bu olayın gerçekleşmesi için verdiklerinde artık anoda ulaşmayacakları için Şekil 4' de görülen akım düşüşleri meydana gelecektir. Gerilimi arttırmaya devam edersek elektronlar tekrar kinetik enerji kazanacaklar ve bunun sonucunda da akım yeniden yükselmeye başlayacaktır. Tekrar gerilim değeri farkı 4.9

eV olduğunda yeniden bu enerji; atomu temel düzeyden uyarılmış düzeye çıkarmak için harcanacaktır. Daha sonra, uyarılmış atom tekrar ışık yayarak temel duruma gelecektir. Burada dikkat edersek; atomun uyarılması ancak 4.9 eV değerinde mümkün olmaktadır. Bu değerden büyük veya küçük enerji değerlerinde atom herhangi bir reaksiyon göstermemektedir. Öyleyse, civa atomunun temel düzeyi ile birinci uyarılma düzeyi arasındaki enerji farkı 4.9 eV' dir ve atomun sahip olduğu enerji düzeyleri ancak belirli değerdedir yani her değeri alamaz, kesiklidir. Başka bir deyişle, atomlar kuantumlu enerji düzeylerine sahiptir.

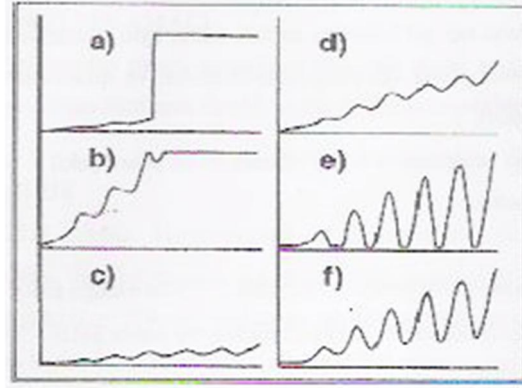
Enerji düzeyleri, her atom için karakteristik bir özelliktir. Örneğin bu deney helyum gazı ile yapıldığında civa için 4.9 eV olan değer 21 eV, azot gazı ile 2.12 eV ve potasyum gazı ile 1.63 eV bulunur.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Çıkış gerilimi olan U_A ucunu osiloskobun I. Kanalına (2V/DIV) ve $U_2/10$ ucu osiloskobun II. Kanalına (0.5 V/DIV) takarak osiloskobu XY-modunda ayarlayınız.
2. Franck-Hertz güç kaynağını “Sawtooth”-testere- modunda çalıştırınız.
3. U_1 ve U_3 gerilimlerini değiştirerek Franck-Hertz eğrisinin optimizasyonunu yapınız.
4. Franck-Hertz güç kaynağında testere modundan ‘manual’ tuşuna geçerek U_2 gerilimini değiştirilebilir duruma getiriniz.
5. Avometreyi g_1 - g_2 arasına bağlayınız. Bu şekilde U_2 gerilimi değerleri ölçülebilecektir.
6. Belirli aralıklarla U_2 gerilimi ve I akımı değerlerini not ediniz.
7. Elde ettiğiniz verileri kullanarak yatay eksen-bağımsız değişken gerilim, düşey eksen-bağımlı değişken akım olmak üzere Franck-Hertz eğrisini elde ediniz.
8. U_1 , U_3 ve v_s değerlerini deney koşulları olarak kaydediniz.
9. ΔU_2 değerlerini hesaplayınız. Buradan bulunan ΔU_2 değerlerinin e ile çarpımı $\Delta E'$ ye eşittir. Buna göre herbir maksimum aralığı için enerjii eV olarak hesaplayınız.
10. Teorik olarak civa atomlarının temel düzeyden bir üst enerji düzeyine geçişinde saldığı ışının dalgaboyu 253.6 nm olduğuna göre, civa atomunun uyarılma enerjisini hesaplayınız.
11. Teorik olarak hesaplanan enerji değerleri ile deneyde elde edilen değerleri karşılaştırınız.

Franck-Hertz eğrisinin optimizasyonu

$U_1 = 1.5 \text{ V}$ ve $U_3 = 1.5 \text{ V}$ olarak ayarlanır ve eğri elde edilir.



Şekil 6. U_1 , U_3 ve v_s parametrelerinin doğru seçilmesiyle Franck-Hertz eğrisinin optimizasyonu.

a) v ' nin optimizasyonu: Eğer Franck-Hertz eğrisi Şekil 6-(a)' daki gibi ve işlem fırınındaki Franck-Hertz tüpünde gaz boşalması görülüyorsa;

- İşlem modu düğmesi hemen "Reset" durumuna getirilir ve sistem gerekli sıcaklığa gelinceye kadar beklenir.
- Gerekli görüldüğü takdirde potansiyometre vidası olarak kullanılan v_s değeri yükseltilecek şekilde ayarlanabilir ve sistem tekrar temel dengeye gelinceye kadar birkaç dakika beklenir.

b) U_1 ' in optimizasyonu: Daha yüksek U_1 potansiyeli daha fazla elektron soğurma akımına neden olur. Eğer Franck-Hertz eğrisi çok dik yükselirse, akım-ölçer limiti aşılar ve $U_2 = 30 \text{ V}$ değerinin altında bir değere ulaşılır. Bu durumda Franck-Hertz eğrisinin üstü gözlenemez.

- U_1 voltajı, eğrinin dikliği Şekil 6-(d)' de görüldüğü gibi oluncaya kadar düşürülür.
- Eğer Franck-Hertz eğrisi çok düz ise, Şekil 6- (c)' deki gibi, toplayıcı akımı I_A , bütün bölgeler için 5 nA 'in altında kalır.

- U_1 voltajı, eğrinin dikliği Şekil 6-(d)' de görüldüğü gibi oluncaya kadar düşürülür.

Eğer Franck-Hertz eğrisi U_1 ' in arttırılmasına rağmen hala düz ise,

- Potansiyometre vidası kullanılarak fırın sıcaklığı için ayarlanan v_s değeri düşürülür.

c) U_3 'ün optimizasyonu: U_3 voltajının daha yüksek olması, Franck-Hertz eğrisindeki maksimum ve minimumların daha net görünmesini sağlar. Fakat aynı zamanda toplam toplayıcı akımı düşer. Eğer Franck-Hertz eğrisinin maksimumları ve minimumları Şekil 6-(d)' de olduğu gibi net değilse,

- Alternatif olarak, önce U_3 voltajı (maksimum 4.5 V) yükseltilir ve sonra Şekil 6-(f) elde edilinceye kadar U_1 voltajı yükseltilir.

Eğer Franck-Hertz eğrisinin minimumu Şekil 6-(e)' de olduğu gibi gözlenemiyor ise,

- Alternatif olarak, önce U_3 voltajı (maksimum 4.5 V) düşürülür ve sonra Şekil 6-(f) elde edilinceye kadar U_1 voltajı düşürülür.

Kaynaklar

- *Raymond A. Serway, Fizik III.*

- <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/aozansoy/f-355/Franck-Hertz.pdf>, A.Ozansoy.

- <http://www.fizikkulubu.net/frank-hertz-deneyi/>.

DENEY 2

ELEKTRON DEMETİ TÜPÜ İLE ELEKTRONLARIN e/m ÖZGÜL YÜKLERİNİN BULUNMASI

DENEYİN AMACI:

- Yüksek elektrik potansiyeli altında hızlandırılan elektron demetinin düzgün magnetik alan içindeki yörüngesinin incelenmesi
- Lorentz ve Biot-Sawart yasalarını kullanarak elektronların yük-kütle (e/m) oranının hesaplanması.

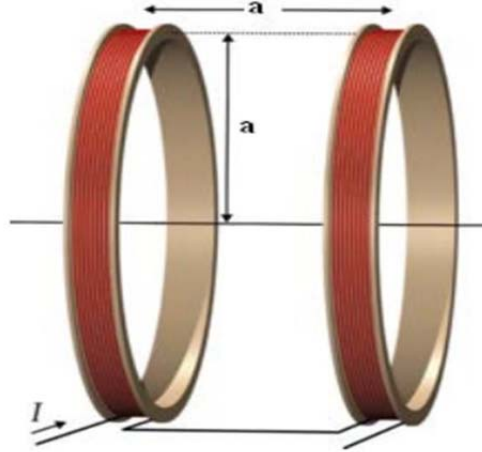
TEORİK BİLGİ:

Bir elektron tabancasından çıkan elektron demeti, içinde $10^{-2} - 10^{-3}$ torr ($mmHg, \frac{1}{760} atm$) basıncında asal gaz bulunan bir odaya v hızı ile girdiğinde, elektronlar gaz dolu oda içinde yol alırken önlerine çıkan gaz atomları ile çarpışırlar ve onları iyonlaştırırlar. İyonlaşan gaz atomları, uyarılmış durumlarında uzun süre kalamazlar ve taban enerji durumlarına dönerler. Bu esnada bir foton yayınlanır ve böylece demetin geçtiği yol görünür duruma gelir.

Elektronlarla gaz atomları arasındaki çarpışmalardan ortaya çıkan ikincil elektronlar anot doğrultusunda ivmelendirileceklerinden demetin bulunduğu bölgeden çabucak uzaklaşacaklar, böylece demet eksenine çevresinde artı yüklü bir bölge oluşacaklardır. Bu artı yüklü bölge nedeni ile elektron demetindeki elektronlara çapsal bir elektriksel kuvvet etki edecek, bunun sonucu olarak, anottan çıkarak v hızı ile ilerleyen elektronlardan, eksenden uzaklaşanlar eksene tekrar çekilecek ve elektron demeti ince bir demet haline gelecek, başka bir deyimle odaklanacaktır. Belli gaz basıncı ve elektron yoğunlukları için bu biçimde ince bir demet elde etmek olanaklıdır.

Helmholtz Bobin Çifti

Düzgün bir manyetik alan elde etmek için kullanılan Helmholtz-Gaugain düzeneği, eşit yarıçaplı bağımsız iki çembersel iletken, düzlemleri paralel olacak biçimde karşılıklı konarak (Şekil 1) oluşturulur.



Şekil 1: Helmotz bobinleri. Düzlemler arasındaki uzaklık çembersel iletkenlerin yarıçapına eşit yapılarak bunlardan aynı akım geçirilir. Çembersel tek iletkenler yerine, birçok sarımdan oluşan bobinler kullanılacak olursa (n tane), bobin kesitleri ile ilgili belirli koşullar yerine getirilerek yine düzgün bir alan elde edilebilir. Bu durumda bobinlerin merkezleri arasındaki uzaklık, ortalama bobin yarıçapına eşit yapılıır.

I akımı taşıyan, a yarıçaplı çembersel iletkenin eksenini üzerinde, merkezinden x uzaklıktaki bir noktada, manyetik alan Biot-Savart yasasına göre,

$$B = \frac{\mu_0 I a^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}} \quad (1)$$

olarak verilir. Bu özellikteki iki bobin, aralarındaki uzaklık b olacak şekilde yerleştirildiğinde, bobinlerin merkezi boyunca oluşan bileşke alan, her iki bobinin alanlarının toplamı ile verilir. $b = a$ koşulunda, bir alandaki azalma, diğer alandaki artma ile dengeleneceğinden, bobinler arasındaki noktalarda düzgün manyetik alan elde edilecektir. Bobinler arası uzaklık arttıkça veya azaldıkça düzgün alan elde edilemeyecektir. Böyle bir Helmholtz bobin düzeneğinin

ortasındaki manyetik alan, bobinlerin yarıçaplarından (a), bobinlerden birinin sarım sayısından (n) ve bobinlerden geçen akım şiddetinden (I) yararlanılarak:

$$|B| = \frac{\mu_0 0,716 n I}{a} \quad Vs/m^2 \quad (2)$$

olarak bulunur. Burada geçirgenlik (permeability);

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \quad Vs/Am$$

dir. B manyetik alanını hesaplayabilmek için iki bobinden de geçen I akımının bilinmesi gerekir.

e/m Oranının Bulunması

İnce elektron demeti tüpü, Helmholtz bobinlerinin manyetik alanı içine, ince elektron demeti alan doğrultusuna dik olacak biçimde yerleştirildiğinde, v hızı ile ilerleyen elektronlar, hızlarına dik doğrultudaki bir manyetik alan içine girerler. Böylelikle, demetteki her elektrona etkiyen manyetik kuvvet, manyetik alana ve elektronların hızlarına diktir ve $|q(\vec{v} \times \vec{B})|$ 'ye eşit bir büyüklüğe sahiptir. Manyetik kuvvetin etkisi ile ince demet bir yay şeklinde bükülür ve manyetik alan yeterli büyüklükte ise bu bükülme r yarıçaplı tam bir çember durumuna gelir (Şekil 2). Bu durumda elektronlara etki eden manyetik kuvvetin yönü çapsal doğrultuda olduğundan, m kütlesi ile v^2/r merkezci ivmenin çarpımı olarak yazılır. Newton'un ikinci yasasından,

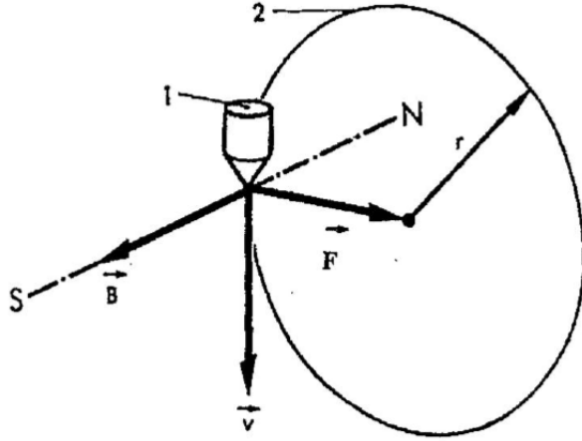
$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = m\vec{a} = \frac{mv^2}{r} \quad (3)$$

$$|\vec{v}| = \frac{q|\vec{B}|r}{m} \quad (4)$$

elde edilir. Bunun yanında V_H hızlandırıcı geriliminin etkisi ile hızlanan q yüklü parçacıkların elektriksel enerjisinin tümü, enerjinin korunumu yasasına göre kinetik enerjiye dönüşür ve

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV_H \quad (5)$$

enerji bağıntısından, elektronların hızları bulunabilir.



Şekil 2. \vec{v} hızındaki elektronlara \vec{B} manyetik alanının etki ettirdiği \vec{F} kuvvetinin yönü r doğrultusundadır.

$N - S$: manyetik alanın kuzey-güney doğrultusu

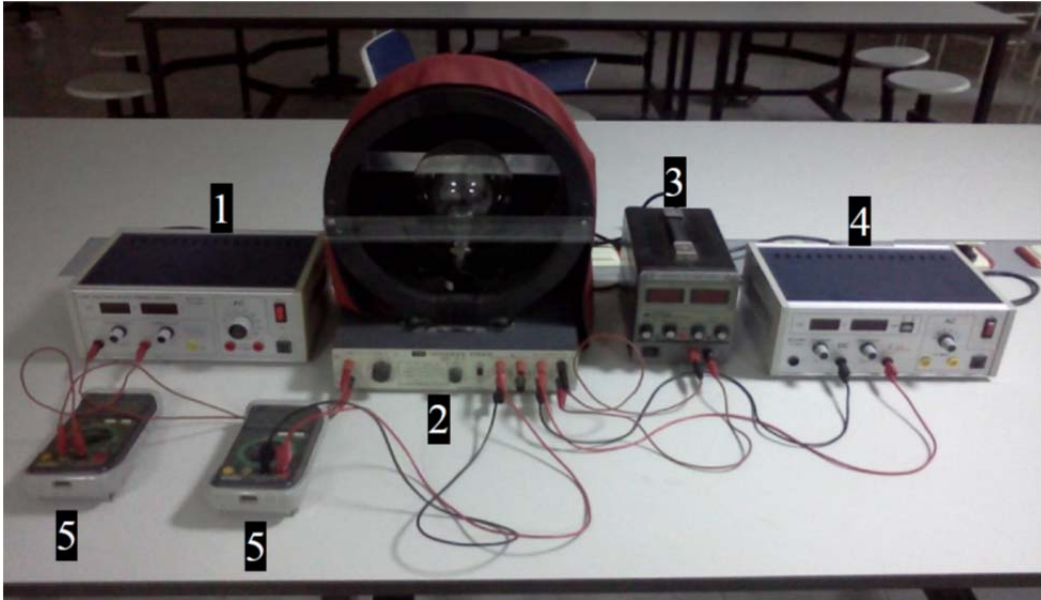
1. Elektron tabancası

2. Elektronların çembersel yolu

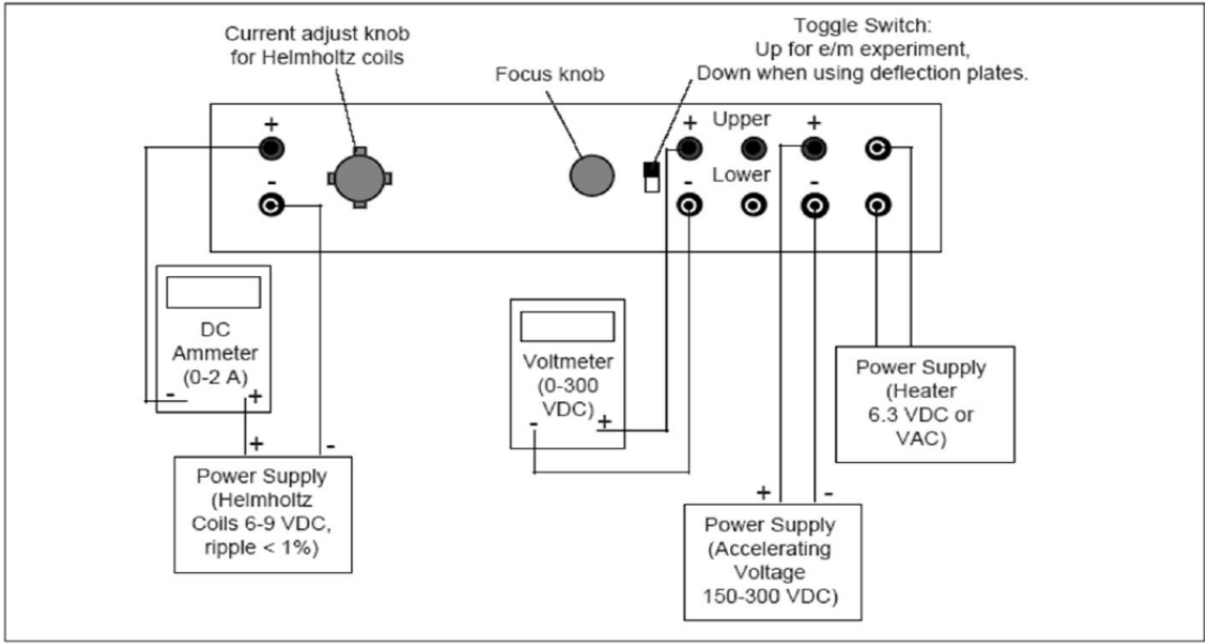
Elektronların hızları için elde edilen (4) ve (5) eşitliklerinden yararlanarak elektronların özgül yükleri e/m için aşağıdaki bağıntı elde edilir:

$$\frac{q}{m} = \frac{2V_H}{r^2 B^2} \quad (6)$$

Deney Düzenegi ve Ekipmanların Basit Çalışma Prensipleri

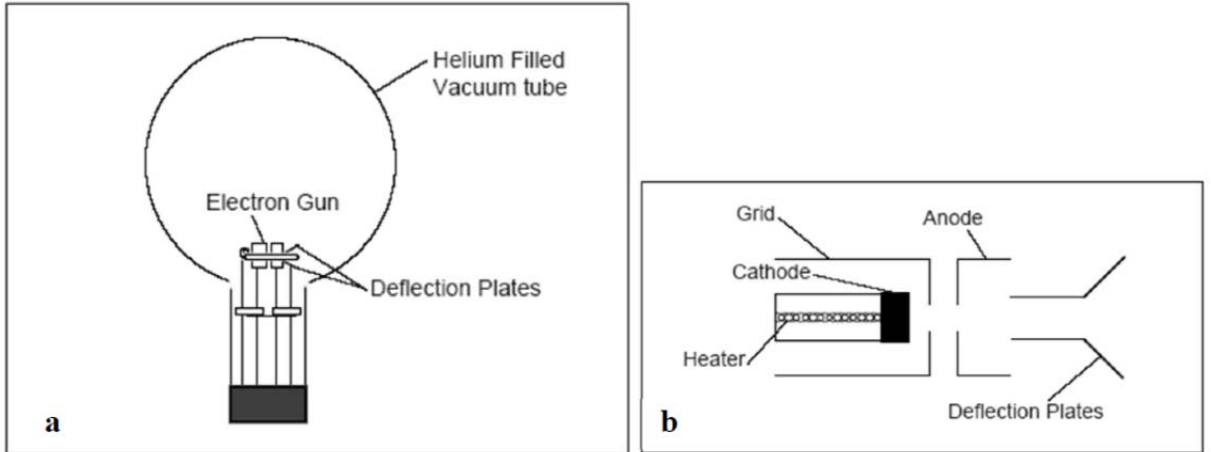


Şekil 3. Deney düzenegi fotoğrafı : [1]:Helmholtz bobinleri için güç kaynağı, [2]:e/m tüpü, [3]:Filaman için güç kaynağı, [4]:Hızlandırma potansiyeli için yüksek gerilim güç kaynağı, [5]:Multimetreler.



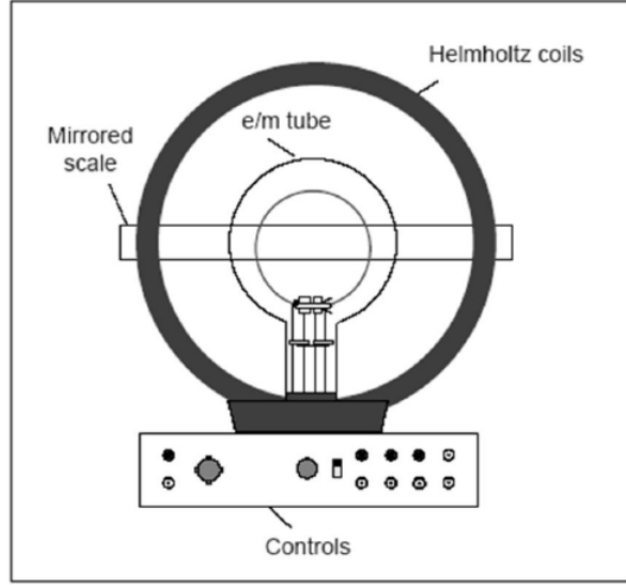
Şekil 4. Kontrol paneli ve bağlantıların şematik gösterimi.

e/m tüpü: e/m tüpü (Şekil 5a) 10^{-2} mmHg basınçta helyum ile doldurulmuştur ve bir elektron tabancası ile saptırıcı plakaları kapsar. Elektron demeti tüp içinde gözle görülebilir bir iz bırakır. Çünkü elektron demetindeki elektronların bazıları helyum atomları ile çarpışır.



Şekil 5. a) e/m tüpünün ve **b)** elektron tabancasının şematik gösterimi.

Tüp içinde bulunan elektron tabancası Şekil 5'te gösterilmektedir. Isıtıcı elektronları yayan katodu ısıtır. Elektronlar katotla anot arasında uygulanan hızlandırıcı potansiyel sayesinde hareket ederler. Izgara katoda göre pozitif anoda göre negatiftir. Bu ızgara elektron demetinin odaklanmasında yardımcı olur.



Şekil 6. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.

Helmholtz bobinleri: Bobinlerin yarıçapları (15 cm), aralarındaki mesafeye eşittir. Çok düzgün bir manyetik alan sağlarlar. Her bobin 130 sarımdan oluşmuştur (Şekil 1).

Kontrol paneli: e/m cihazının kontrol paneli önde ve düzdür. Tüm bağlantılar panel üzerinde yazılıdır.

Bez örtü: Tüpün üstüne örtülerek deneyin aydınlık odada da yapılabilmesini sağlar.

Aynalı skala: Helmholtz bobinlerinin arka tarafına yerleştirilmiştir. Elektron tabancasının ısıtıcısına güç verildiğinde oluşan demetin aynalı skalayla aynı hizaya getirilerek demet yolunun yarıçapı paralaks hatası olmadan ölçülebilir.

Güç kaynakları:

- Helmholtz bobinleri için 6-9 VDC düşük gerilim güç kaynağı.
- Filaman için 6,3 VDC ya da VAC düşük gerilim güç kaynağı.
- 150-300 V hızlandırma potansiyeli için yüksek gerilim güç kaynağı.

Sayaçlar:

- Helmholtz bobinlerini akımını ve hızlandırma gerilimini ölçmek için iki adet multimetre.

DENEYİN YAPILIŞI

I. Sabit hızlandırma Potansiyelinde e/m Oranının Ölçülmesi

1. Eğer aydınlık bir odada çalışıyorsanız örtüyü e/m cihazının üzerine örtünüz.
2. Düğmeyi ölçme (MEASURE) konumuna getiriniz.
3. Helmholtz bobinleri için panelde bulunan akım ayar düğmesini OFF pozisyonuna getirin.
4. Şekil 5'te görüldüğü gibi güç kaynakları ve sayaçları e/m tüpünün kontrol paneline bağlayın. Laboratuvar sorumlusuna kontrol ettirmeden kesinlikle deneye başlamayınız!
5. Güç kaynaklarını aşağıdaki değerlere ayarlayın.

ISITICI: 6,3 VDC ya da VAC

ELEKTROTLAR: 150-300 VDC

HELMHOLTZ BOBİNLERİ: 6-9 V VDC (Dalgalanma % 1'den az olmalıdır.)

DİKKAT: Elektron tabancasının ısıtıcısına uygulanan gerilim 6,3 voltu ASLA geçmemelidir. Daha yüksek gerilim flamanı yakar ve e/m tüpünü işe yaramaz hale

6. Katodun ısınması için birkaç dakika bekleyin ısındığında tabancadan elektron demeti oluştuğunu ve Helmholtz bobinlerinin oluşturduğu manyetik alanda eğildiğini göreceksiniz. Elektron demetinin bobine paralel olup olmadığını kontrol edin ve eğer değilse paralel olana kadar tüpü çevirin. (Tüpü soketten çıkartmayın.)
7. Helmholtz bobinleri için paneldeki akım ayar düğmesini saat yönünde çevirin, ampermetreyi izleyin ve akımın 2 A'yi geçmemesine özen gösterin.
8. Hızlandırma potansiyelini 100 V değerine ayarlayın. Helmholtz bobinlerine uygulanan akımın değişimi ile tüp içindeki elektronların yörüngelerinin yarıçaplarının değiştiğini göreceksiniz. Yarıçapı 3, 4, 5 cm değerleri için bobinlere uygulanan akım değerlerini ampermetreden ölçün ve Tablo 1'e kaydedin. Elektron demetinin yarıçapını aynalı

skalayı ve cetveli kullanarak ölçün. Paralaks hatası yapmamak için elektron demeti aynalı skalada ve cetvelde hizaya gelecek şekilde başınızı hareket ettirin.

9. Ölçtüğünüz değerleri kullanarak Tablo 1'deki diğer sütunları hesaplayınız. $1/r^2 - B$ grafiğini çizin. Grafiğin eğimi (denklem 6'dan) $\left[\frac{2V_H}{e/m}\right]$ ifadesine eşittir. Bu eşitlikten e/m değerini hesaplayınız.
10. Bulduğunuz değeri e/m 'nin teorik değeriyle karşılaştırınız.
11. Hata oranını hesaplayınız ve eğer hata varsa nereden kaynaklandığını raporunuzun yorum/sonuç kısmında yorumlayınız.

II. Sabit Manyetik Alan için e/m Oranının Ölçülmesi

1. Birinci kısımda yapılan ilk 7 adımı tekrarlayın.
2. Helmholtz Bobinlerinin akımını 1,2 A değerine ayarlayın. Hızlandırma potansiyeline uygulanan gerilimin değişimi ile elektron demetinin yarıçapının değiştiğini göreceksiniz. Yarıçapı 3, 4, 5 cm değerleri için hızlandırma potansiyelinin değerlerini voltmetreden ölçün ve Tablo 2'ye kaydedin.
3. Ölçtüğünüz değerleri kullanarak Tablo 1'deki diğer sütunları hesaplayınız. $r^2 - V_H$ grafiğini çizin. Grafiğin eğimi $\left[\left(\frac{e}{m}\right)\frac{B^2}{2}\right]$ ifadesine eşittir (denklem 4 ve 5). Bu eşitlikten e/m değerini hesaplayınız.
4. Bulduğunuz değeri e/m 'nin teorik değeriyle karşılaştırınız.
5. Hata oranını hesaplayınız ve eğer hata varsa nereden kaynaklandığını raporunuzun yorum/sonuç kısmında yorumlayınız.

SORULAR

1. Manyetik alanın B olduğu bir bölgeye v hızı ile giren yüklü bir parçacık, B ile v arasındaki açı: **a)** 0° , **b)** 90° , **c)** 0° ile 90° arasında herhangi bir değerde olursa nasıl hareket eder?
2. Bu deneyde Helmholtz bobin çifti ne amaçla kullanılmaktadır?
3. Bu deneyde, manyetik alanı hesaplamakta kullanılan 1 ve 2 bağıntılarını türetiniz.
4. Elektronların hızlarının, görelî hızlarda olması için ışık hızının minimum $1/10$ katına ulaşması gerekir. Bu hızlara ulaşmak için uygulanması gereken hızlandırma potansiyelini hesaplayınız.

Kaynaklar

- PHYWE laboratuvar kılavuzu.
- Electricity and Electromagnetism, W. J. Duffin.
- Foundations of Electromagnetic Theory, Reitz Milford.
- Electromagnetic Fields and Waves, Paul Lorrain, D. Carson.

Tablo 1

V_H (V) =				
r (m)	$1/r^2$ (m ⁻²)	I (A)	B (T)	B^2 (T ²)

Tablo 2

I (A) =	B (T) =	B^2 (T ²) =
r (m)	r^2 (m ²)	V (V)

Elektronun yükü: $1,6 \times 10^{-19}$ C

Elektronun kütlesi: $9,11 \times 10^{-31}$ kg

DENEY 3

FOTOELEKTRİK OLAY

Giriş:

Işık, diğer elektromagnetik dalgalar gibi girişim ve kırınım olayları ile dalga özelliği sergilediği gibi bir yandan da enerji ve momentuma sahip fotonlar ile de tanecik özelliği göstermektedir. Doğadaki bazı olaylar yalnız ışığın dalga modeli ile açıklanabilirken bazıları ise foton kavramı temeline dayalı olarak daha iyi açıklanabilir. Sonuç olarak her iki modeli de göz önüne almak gerekir. Yani ışığın dalga ve foton teorisi birbirinin tamamlayıcısıdır.

Görünür bölgede ışığın hem foton hem de dalga özelliklerini gözlemek olasıdır. Daha yüksek frekansta fotonun enerjisi ve momentumu artar, böylece ışığın foton hali daha belirgin olur. Bununla beraber, yüksek frekanslarda girişim ve kırınım gibi dalga olaylarının gözlenmesi daha güç olur. Yani, ışığı düşük frekanslarda tanecik modeliyle, yüksek frekanslarda ise dalga modeliyle açıklamak mümkündür.

Fotoelektrik olay, ışığın tanecik özelliğini gösteren en önemli olaylardan biridir. Bu olay ilk kez Hertz tarafından gözlenmiştir. Ancak başarılı bir açıklama Einstein tarafından yapılabilmektedir. Fotoelektrik olay, bir metalik yüzeye ışık geldiği zaman, bu yüzeyden elektronların koparıldığı bir süreçtir. Bu modelde ışık, her biri E enerjili fotonlar (parçacık demeti) olarak görülür. Çıkan fotoelektronların kinetik enerjisi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$K_{\max} = h\nu$$
$$E = \omega_0 + K_{\max}$$

ω_0 , metalin iş fonksiyonudur. İş fonksiyonu, bir elektronu metale bağlayan ve birkaç eV değerinde olan minimum enerjiyi gösterir.

Fotoelektrik olay ile klasik fiziğin açıklayamadığı bazı olaylar açıklanabilir. Bunlar;

1. Fotoelektrik olayın gerçekleşebilmesi ve fotoelektron salınması için gelen ışığın belli bir frekansı geçmesi gerekir. Bu frekansa eşik veya kesilim frekansı denir. Fotoelektrik olayın belirli bir eşik frekansının altında gözlenememesi fotonun enerjisinin iş fonksiyonundan daha büyük ya da ona eşit olması gerçeğine dayanır. Gelen fotonun enerjisi iş fonksiyonuna eşit veya ondan büyük değilse yüzeyden elektron kopmaz.

2. Fotonun enerjisi iş fonksiyonundan büyükse kalan enerji fotoelektrona kinetik enerji olarak verilir. K_{max} ışığın şiddetinden bağımsızdır. Işık şiddeti iki katına çıkarılırsa, yayınlanan fotoelektronların sayısını iki katına çıkaran fotonların sayısı da ikiye katlanır.
3. K_{max} yalnızca ışığın frekansına ve iş fonksiyonuna bağlıdır.
4. Elektronların hemen hemen yüzeye ışık düştüğü anda yüzeyden ayrılmaları ışığın tanecik kavramı ile uyuşur. Çünkü gelen enerji, küçük paketler halinde görünür ve fotonlarla elektronlar arasında birebir etkileşme vardır.

$h\nu$ enerjisine sahip bir foton, bir kuantum tüpünün katodundaki elektrona doğru gelir ve sahip olduğu enerjinin ω_0 'lık miktarını elektronu katottan ayırmak için kullanır. Enerjisinin geri kalan kısmını ise elektrona kinetik enerji olarak vererek elektronu K_{max} ile bırakır. Katottan saçılan elektronlar tüpün anoduna ulaşır ve fotoelektrik akım olarak ölçülebilir. Ayrıca anot ile katot arasına bir durdurma (çevirme) potansiyeli V uygulanarak fotoelektrik akım durdurulabilir. Fotoelektronları durdurmak ve fotoelektrik akımı sıfırlamak için gereken minimum durdurma potansiyeli ölçülerek K_{max} belirlenebilir. Kinetik enerji ve durdurma geriliminin ilişkilendirilmesi aşağıdaki eşitlikle verir;

$$K_{max} = Ve$$

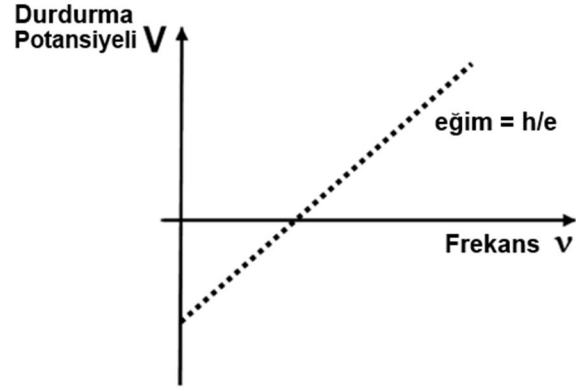
$$h\nu = Ve + \omega_0$$

Buradan;

$$V = \left(\frac{h}{e}\right)\nu - \left(\frac{\omega_0}{e}\right)$$

bulunur.

Işığın farklı frekansları için ν 'ye karşılık gelen V 'nin grafiği çizilirse, grafikte V 'yi kesen nokta ω_0 / e 'ye ve eğim ise h/e 'ye eşittir. h/e oranı için e 'yi 1.6×10^{-19} coulomb olarak Planck sabiti h 'yi belirleyebiliriz.



Şekil 1: Durdurma potansiyeli-frekans grafiği

Görünür dalgaboyu bölgesindeki spektruma ait değerler:

Renk	Frekans (Hz)	Dalgaboyu(nm)
Sarı	5.18672×10^{14}	578
Yeşil	5.48996×10^{14}	546.074
Mavi	6.87858×10^{14}	435.835
Mor	7.40858×10^{14}	404.656
Morötesi	8.20264×10^{14}	365.483



Fotoelektrik olay deney düzeneği resmi

Deneyde kullanılan araçlar:

1. h/e deney seti
2. cıva buharlı ışık kaynağı
3. ışık kılıfı
4. mercek/yarık tertibatı
5. ışık aralığı tertibatı
6. destek tabanı tertibatı
7. ışık bloğu
8. birleştirme çubuğu tertibatı
9. dijital voltmetre

İşlem Basamakları:

(1.kısım)

1. Cıva buharlı ışık kaynağını açın.
2. *h/e* aparatını açın.
3. *h/e* aparatının çıkış terminallerine dijital voltmetreyi bağlayın. Voltmetre üzerinde 2 veya 20 voltluk aralığı seçin.
4. *h/e* aparatını uygun şekilde hareket ettirerek civaya ait çizgi spektrumunu gözlemleyin.
5. Spektrumdan iki renk seçimi yapınız.
6. Spektrum renklerinden yalnız biri, açık olan fotodiyot maskesinin üzerine düşecek şekilde aparatı ayarlayın. Yeşil veya sarı renk kullanılırken bunlara uygun renk filtrelerini de aparat üzerine yerleştirin.
7. Değişken filtrenin %100 yazan kısmını beyaz yansıtıcı maskenin önüne yerleştirin. Böylece belirgin ışığın %100 lük kısmı geçecek ve fotodiyota ulaşacaktır. DVM'deki voltaj okumalarını Tablo 1'e kaydedin.
8. %100 geçirgenlikten %20 geçirgenliğe kadar bu işlemi tekrarlayın.
9. Işığın farklı renklerinin durdurma gerilimleri üzerindeki etkisini ve böylece fotoelektronların maksimum enerjisini tanımlayın.
10. Deney sonuçlarından da yararlanarak bu deneyin ışığın dalga ya da kuantum modelinden hangisini desteklediğini sebeplerini açıklayarak belirtin.

Renk#1 ()	% geçirgenlik	Durdurma gerilimi
	100	
	80	
	60	
	40	
	20	
Renk#2 ()	% geçirgenlik	Durdurma gerilimi
	100	
	80	
	60	
	40	
	20	

Tablo 1

(2.kısım)

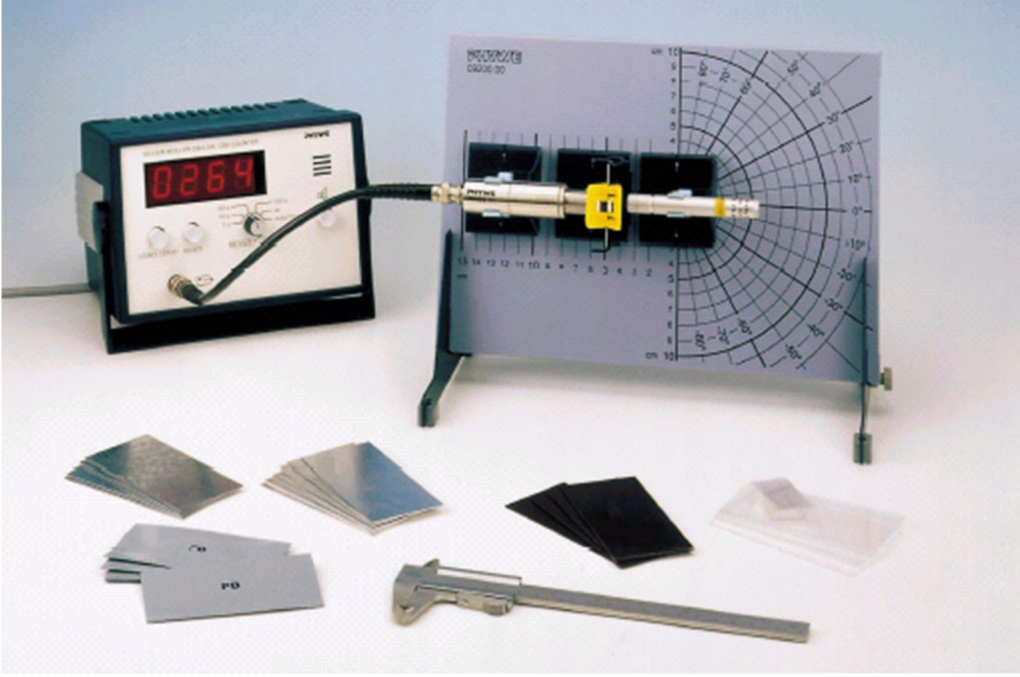
1. Cıva ışığı spektrumunu elde ettikten sonra h/e aparatını en parlak derecedeki yalnızca bir renk açık olan fotodiyot maskesi üzerine düşecek şekilde sol taraf için dikkatlice ayarlayın.
2. Her bir renk için durdurma gerilimini DVM ile ölçün ve tabloya kaydedin. Sarı ve yeşil spektrum çizgilerini ölçerken, h/e aparatındaki yansıtıcı maskenin üzerindeki sarı ve yeşil filtreleri kullanın.
3. Sağ tarafa geçerek işlemleri tekrarlayın ve Tablo 2'ye kaydedin.
4. Frekansa karşılık durdurma geriliminin grafiğini çizin. Grafiği h/e , ω_0 / e oranı cinsinden yorumlayın.

Sağ taraf	Dalgaboyu (nm)	Frekans ($\times 10^{14}$ Hz)	Durdurma gerilimi (volt)
Sarı			
Yeşil			
Mavi			
Mor			
Morötesi			
Sol taraf	Dalgaboyu (nm)	Frekans ($\times 10^{14}$ Hz)	Durdurma gerilimi (volt)
Sarı			
Yeşil			
Mavi			
Mor			
Morötesi			

Tablo 2

DENEY4

RADYOAKTİVİTE VE GEİGER-MÜLLER SAYACI



AMAÇ:

- * Radyoaktif bozunma hakkında bilgi sahibi olmak
- * İzotropik bir bozunmanın şiddetini incelemek
- * Soğurma katsayıları hakkında bilgi sahibi olmak
- * Geiger-Müller tütünü incelemek.

Teorik Bilgi:

Radyoaktif Bozunma

Radyoaktif çekirdekler kararsızdırlar ve parçacık yayınlamak farklı çekirdeklere dönüşebilirler (bozunum). Kendiliğinden parçacık yayınlayan bozunumlara radyoaktif bozunma denir. Radyoaktif malzemelerin ışınları, girme güçlerine bağlı olarak üç grupta sınıflandırılabilir. Bunlar Alfa, Beta, Gama bozunmalarıdır.

Alfa bozunması girici gücü çok zayıf olan bozunmalardır. Radyoaktif çekirdeğin bir helyum (4He) çekirdeği yayınıdır. Alfa parçacıklarının kütlesi ve elektriksel yükü büyük olduğu için giricilikleri çok düşüktür.

Beta bozunması; bir elektron (e^-) ve bir anti nötrino yayını veya bir pozitron (e^+) ve bir nötrino yayınıdır. Alfa parçacıklarından daha az iyonlaşmaya neden olurlar ancak kütlesine ve elektriksel yüküne bağlı olarak yaklaşık yüz kat daha giricidirler.

Gama bozunması bir foton yayını ile çekirdeğin uyarılmış durumdan bir düşük uyarılmış duruma geçmesidir. Gama parçacıkları (fotonlar), Beta parçacıklarından daha az iyonlaşmaya neden olurlar. Kütlesi ve elektriksel yükü olmadığı için, alfa ve beta parçacıklarından çok daha giricidir. Gama ışınları elektromanyetik spektrumda x ışınlarından sonra gelir.

Deneysel gözlemlerden radyoaktif bozunma kanununu, bir t anında N radyoaktif çekirdek varsa ve numuneye yeni çekirdekler ilave edilmiyorsa dt süresi içinde bozulan dN çekirdek sayısı, N ile orantılıdır.

$$\lambda = -\frac{dN/dt}{N} \quad (1)$$

Burada λ çekirdeğin karakteristiği olan radyoaktif bozunma sabitidir ve birimi zamanın tersidir. Eşitliğin sağ tarafı bir atomun birim zamanda bozulma olasılığıdır. Bu olasılık atomun yaşı ne olursa olsun sabittir. Eğer denklem 1'in integrali alınırsa, t zaman sonundaki çekirdek sayısı

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

ifadesiyle verilecektir. N_0 , $t=0$ anında henüz bozunmamış olan çekirdeklerin sayısıdır. Denklem 2 ile verilen ifade *üstel radyoaktif bozunma kanunu* dur.

Yarı ömür ($t_{1/2}$), çekirdeklerin yarısının bozunması için gerekli süreyi göstermektedir. Denklem 2' de $N = N_0/2$ alınırsa;

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \quad (3)$$

bulunur.

Ortalama ömür de yararlı bir kavramdır ve bir çekirdeğin bozuluncaya kadar geçirdiği ortalama süre olarak tanımlanır. t süresi içinde bozunmadan kalan çekirdekleri sayısı $N(t)$ ' dir ve t ile $t + dt$ aralığında bozunanların sayısı $|dN / dt| dt$ 'dir. Bu durumda ortalama ömür;

$$\tau = \frac{\int_0^{\infty} t |dN / dt| dt}{\int_0^{\infty} |dN / dt| dt} \quad (4)$$

olacaktır. Paydadaki terim toplam bozunma sayısıdır. İntegral alınırsa ;

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad (5)$$

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

Denklem 2 ile ancak t süre sonra bozunmamış çekirdeklerin sayısı kestirilebilir. N niceliğini ölçmek çok zor olduğu için kanunun bu şekli ile yararı sınırlıdır. Bir numunedeki bozunmamış çekirdeklerin sayısını ölçmek yerine t_1 ve t_2 zamanı arasındaki bozunumların sayısını ölçmek (yayınlanan ışınımı gözleyerek) daha kolaydır. Eğer t ile $t+\Delta t$ aralığında çekirdeklerin sayısındaki değişiklik ΔN ile gösterilirse

$$|\Delta N| = N(t) - N(t + \Delta t) = N_0 e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda \Delta t}) \quad (6)$$

dir. Sayımın yapıldığı Δt aralığı λ^{-1} den çok daha küçük ise ikinci üstel ifadenin açılımındaki yüksek mertebeli terimleri ihmal edebiliriz ve

$$|\Delta N| = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Delta t \quad (7)$$

ifadesi de sonsuz küçük Δt limiti için

$$A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Delta t = A_0 e^{-\lambda t} \quad (8)$$

ifadesini verir. Bu ifade parçalanma hızı olan **aktifliği** verir. Denklem 8'in doğruluğunun, Δt değerinin λ^{-1} değerinden çok daha küçük olduğu durumlar için geçerli olduğu unutulmamalıdır.

Denklem 8'in e tabanında logaritması (ln) alınıp zamana karşılık grafiği çizilirse (lnA-t) eğim, λ bozunma sabitini verir.

Aktivite basitçe saniyedeki bozunma sayısıdır. Aktivite birimi Curie (Ci) ya da Becquerel (Bq) dir.

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ parçacık/saniye}$$

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ parçacık/saniye}$$

İzotropik (Isotropic) Işınım:

İzotropi, yönelime bağımlı olmama özelliğidir. İzotropik ışınım için şiddet, kaynaktan eşit uzaklıktaki noktalar için aynıdır. Yani ışınım normal bir ışık kaynağından yayılan ışık gibi davranır. Işığın şiddeti veya radyoaktif kaynaktan yayılan ışınımın parçacık / dk oranı, kaynağa olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak değişir. İzotropik ışınım için aşağıdaki eşitlik geçerlidir.

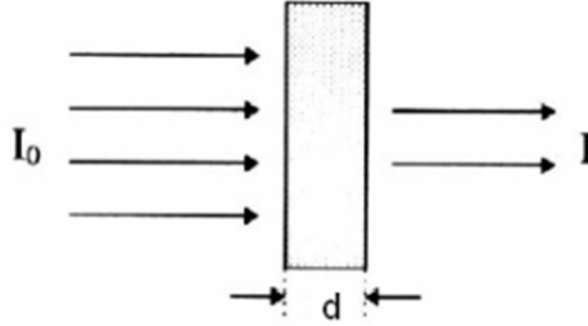
$$N(x) = \frac{C}{x^2} \quad (9)$$

$N(x)$, kaynaktan x uzaklığında dakikadaki parçacık sayısıdır. C sabittir. Deneysel olarak C sabitini bulmak mümkündür.

NOT: Tek yönde ilerleyen (doğrusal) ışınım da mevcuttur (Laser gibi) . Bu çeşit ışınım için şiddetin, uzaklığın karesi ile ters orantı durumu geçerli değildir.

Soğurma Katsayısı:

Radyasyon (ışınım), madde içerisinde hem parçacık hem de maddenin türüne bağlı olarak belirli bir derinliğe kadar ilerleyebilmektedir. Işımların bir kısmı maddeyi oluşturan atomlar tarafından saçılırken bir kısmı ise soğurulur. Maddenin kalınlığına ve radyasyonun cinsine bağlı olarak saçılmayan ya da soğurulmayan radyasyon maddeden geçer. Örneğin gama ışınları yüksüz olduklarından madde içerisindeki elektrik ve manyetik alanlardan etkilenmeksizin santimetrelerce nüfuz edebilir. Bu nedenle özellikle canlı organizmalarda oldukça zararlı etkilere sahiptir.



Şekil 1: Işınımın madde ortamında soğurulması

Herhangi bir maddenin μ soğurma katsayısı, I birim zamandaki geçen parçacık sayısı, I_0 birim zamandaki gelen parçacık sayısı ve d plaka kalınlığına bağlı olarak

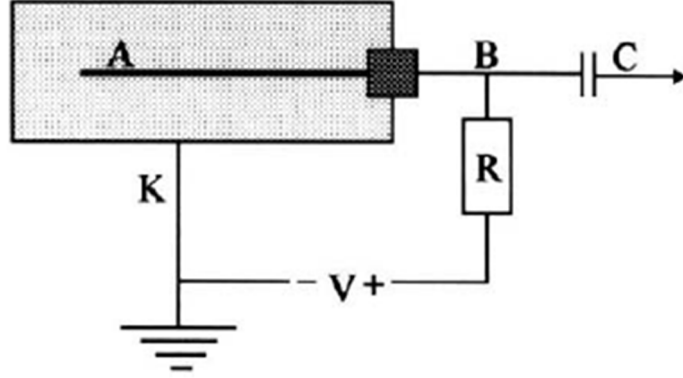
$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (10)$$

bağıntısıyla ifade edilebilir. μ maddenin yoğunluk ve atom yapısı gibi özelliklerine bağlı olarak tanımlanan bir katsayıdır. Her madde için sabit bir değeri vardır. Maddeler için ayırt edici bir özelliktir.

Geiger-Müller Sayacı:

Nükleer ışınımları tespit etmek için kullanılan tüm detektörlerin çalışma ilkeleri benzer özelliklere sahiptir. Radyasyon (ışınım) detektöre girer, detektör materyalinin atomları ile etkileşir (enerjisinin bir kısmını veya tamamını kaybeder) ve atom yörüngelerinden nispeten düşük enerjili elektronların sökülmesine neden olur. Bu elektronlar toplanır ve elektronik devre tarafından akım pulsuna dönüştürülür. Bu detektörlerden en önemlilerinden biri Geiger-Müller sayacıdır.

Geiger-Müller (GM) sayacı radyoaktif maddeleri saymak için kullanılan bir cihazdır. Geiger ve Müller tarafından geliştirilen bu sayaç, içinde 100 Torr basıncında ağırlıkça %90 argon ve %10 organik gaz karışımı ile doldurulmuş madeni bir silindir ve bu silindirin ekseni boyunca yerleştirilmiş ince bir elektrottan ibarettir (Şekil ...1).

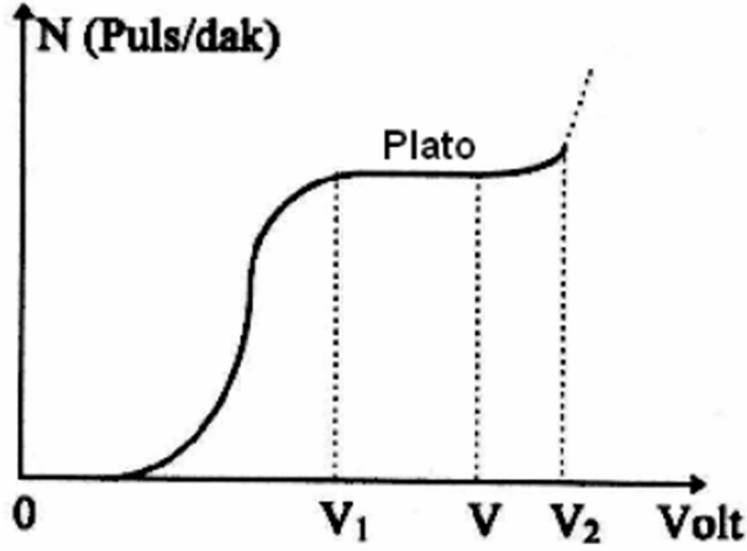


Şekil 2 : Geiger-Müller Sayacı

Silindirin gövdesi katot (K) ve silindir gövdesinden yalıtılmış bulunan A elektrotu Anot görevi görür. Elektrotlar arasında yaklaşık 10 MΩ değerinde bir R direnci üzerinden uygulanan V gerilimi, kıvılcım atlama geriliminden biraz daha küçük seçilir. GM sayacı içine giren yüksek enerjili bir parçacık (foton, elektron, pozitron,...) çarptığı gaz moleküllerin iyonlaştırır. Elektronlar anota, pozitif iyonlar katota doğru hareket ederler. Kütleleri iyona göre çok daha küçük olan elektronlar kısa zamanda büyük hız kazanırlar ve yolları üzerindeki gaz moleküllerine çarparak yeni iyonlar oluştururlar. Böylece anoda doğru ilerleyen bir elektron çığı oluşur 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 pulsa) sebep olur. Bu elektriksel puls C kondansatörü üzerinden bir sayıcıya veya bir hoparlöre iletilir.

GM sayacı ile radyoaktif parçacıkların enerjisi hakkında yeterli bilgiye sahip olamayız. Sadece kaynağın şiddeti (saniye başına bozunma sayısı) ve buna bağlı bilgilere ulaşabiliriz. Çünkü her parçacık için özdeş çıkış pulsları üretilir.

GM sayacında potansiyelle bağılı sayma hızı grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil...2: GM sayacı için V-sayma hızı grafiği

Bu grafikte görülen plato bölgesi GM sayacı için çalışma aralığıdır (800-1200V). Bu aralıkta sayma hızının potansiyelle çok az değiştiği görülür dolayısıyla cihazın bu bölgede çalıştırılması oldukça hassas bir güç kaynağına olan ihtiyacı giderir.

GM sayacın önemli bir problemi birinci çığ meydana geldikten sonra bu çığın yarattığı ikinci bir çıg'dır. Organik gazın konulmasının amacı istenmeyen bu etkiyi azaltmasıdır.

Radyoaktivitenin Sağlığa Etkileri

Radyoaktif bir kaynağın şiddeti saniye başına bozunma sayısı ile belirlenir. Bunun için kabul edilen birim, bir gram radyumun aktifliği kadardır ve saniyede 3.66×10^{10} parçalanmaya eşdeğerdir. Bu birime Curie (Ci) denir. Atom Enerjisi Komisyonu'nun (AEK) özel izni olmadan kullanılacak en büyük aktiflik 50 mikrocurie'lik ^{204}Tl ve 10 mikrocurie'lik ^{137}Cs aktifliğidir. Buna göre toplam aktiflik 60 mikrocurie ye yani saniyede 220000 parçalanmaya varabilir.

Bir radyoaktif ışınımın sağlık ve güvenlik bakımından zararının belirtilmesinde önemli olan etki, vücut dokularında yol açtığı iyonlaşma miktarıdır. Radyoaktif ışınım altında sürekli çalışan kimseler için, 8 saatlik bir iş gününde, bir gram doku başına en fazla 8.10^{10} iyon çifti oluşması eşik değer olarak kabul edilir. Bu sayı kabaca, 8 saatlik bir iş gününde vücut yüzeyinin santimetre karesi başına 10^6 tane beta parçacığı veya 1MeV'lik 10^8 tane gama fotonu alınmasına eşdeğerdir.

NOT: Beta kaynağı göze çok fazla yaklaştırılmamalıdır. Gözün ağ tabakası bundan zarar görebilir.

Deneyde Kullanılan Cihazlar:

- Geiger-Müller sayacı
- Radyoaktif numune
- Çeşitli kalınlıktaki farklı malzemedan yapılmış plakalar
- Cetvel, verniyeli kumpas

Deneyin Yapılışı:

1) İzotropik Işınım

Devre düzeneği Resim 1'deki gibi kurulur. Radyoaktif kaynak tüpe 4 cm uzaklıkta olacak şekilde tutucuya yerleştirilir. 60_s skalasında parçacık sayısı ölçümü yapılır. Bu ölçüm 2 defa alınır. Daha sonra uzaklıklar 5,6,7,...11,12 cm olacak şekilde ayarlanır. Her bir uzaklık için yukarıdaki işlem tekrarlanır.

Çevrede doğal olarak bulunan bir fon (background) ışınımı mevcuttur. Fon ışınımı bu hesaplamada göz önünde bulundurulmalıdır. Ölçümü, 60_s skalasında herhangi bir radyoaktif kaynak yokken alınmalıdır. Bu ölçüm iki kez daha tekrarlanmalı ve ortalaması alınıp diğer ölçümlerden ($N(x)$ değerlerinden) çıkarılmalıdır (Tablo 1). Böylece sadece kaynaktan yayılan parçacıkların ölçümü yapılmış olur.

Bulunan sonuçlardan denklem 2'deki C sabiti hesaplanabilir.

$$\frac{1}{x^2} = k ; \quad (11)$$

tanımlaması yapılırsa her bir uzaklık için k değeri hesaplanır (Uzaklıklar metre skalasına çevrilmelidir). Bu tanımlama ile denklem 9;

$$N(x) = \frac{C}{x^2} \rightarrow N = C k$$

şeklinde olur. Tablo kullanılarak N-k grafiği çizilirse eğim C sabitini verir. Grafiğin doğrusal olması ışınımın izotropik olduğunu gösterir.

2) Farklı malzemeler için soğurma katsayısının tayini

Devre düzeneği Resim 2'deki gibi kurulur. Kaynak (Sr-90, Beta) ile Geiger-Müller tüpü arasındaki mesafe yaklaşık 2,5 cm olmalıdır. İlk aktivite ölçümü herhangi bir plaka konulmadan yapılır. 10_s skalasında (10 saniyelik süredeki parçacık sayısı) yapılan bu ölçüm ile 1 dakika için parçacık sayısı hesaplanır. Bu ölçüm I₀ şiddet değerini verir.

Sonraki adımda kaynak ile tüp arasına çeşitli kalınlıktaki plakalar koyulur. Ölçümler 60_s skalasında yapılır. Bu işlem iki çeşit plaka için yapılır (Tablo 2).

Denklem 10 aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\ln(I_0/I) = \mu x \quad (12)$$

Tablo kullanılarak, her bir malzeme için $\ln(I_0/I)$ - d(mm) grafiği çizilir. Eğim μ soğurma katsayısını verir.

Sorular

1) Deneyin birinci kesiminde bulunan uzaklık - parçacık/zaman değerlerinden gama kaynağının aktifliği belirlenebilir. Kaynak noktasal kabul edilirse r kadar uzaklıktaki A yüzeyine (Geiger-Müller tüpünün yüzey alanı 63.5 mm²) düşen parçacıkların oranı aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir. Buna göre 10 cm uzaklıktaki ölçüm için bulunan değerleri (r=10cm, N=.....) kullanarak gama kaynağının aktifliğini bulunuz.

$$N(x) \times \frac{A}{4\pi r^2}$$

2) Eğer radyoaktif kaynak 1997 yılında bu ayda yapıldıysa yarı ömrü= 5.7 yıl ve ilk aktivitesi 1 mikro Ci ise şu anda kaynağın aktivitesi nedir?

3) Deneyin 1. kesimi için neden gama kaynağı kullanılmıştır?

4) μ soğurma katsayısı nelere bağlı olabilir?

5) Canlı organizmalar atmosferdeki O₂' yi kullandıkları için yapılarında C-12'nin yanı sıra belirli oranlarda C-14 ihtiva ederler. Ancak bu canlı organizmalar öldükleri andan itibaren yapılarındaki C-14 ile atmosferdeki C-12 arasında var olan denge bozulur. C-14 radyoaktif bozunmaya uğrar ve C-14 ün C-12 ye olan oranı giderek düşmeye başlar. Bu yol ile karbon izotopları arasındaki bu oransal değişim, bir çeşit saat görevi görür. Buradan hareketle canlıların ne zaman öldükleri bilgisi elde edilebilir.

Örnek olarak bir fosilde 1 gram karbonda 1 dakikada 7,0 C-14 bozunması olduğu bilinsin. Günümüzde yaşayan bir organizmada 1 gram karbonda 1 dakikadaki C-14 bozunması 15,3 tür. C-14 ün yarı ömrünün ($t_{1/2}$) 5730 yıl olduğunu bilinsin. Bu verilere göre fosilin yaşı kaçtır?

Kaynaklar:

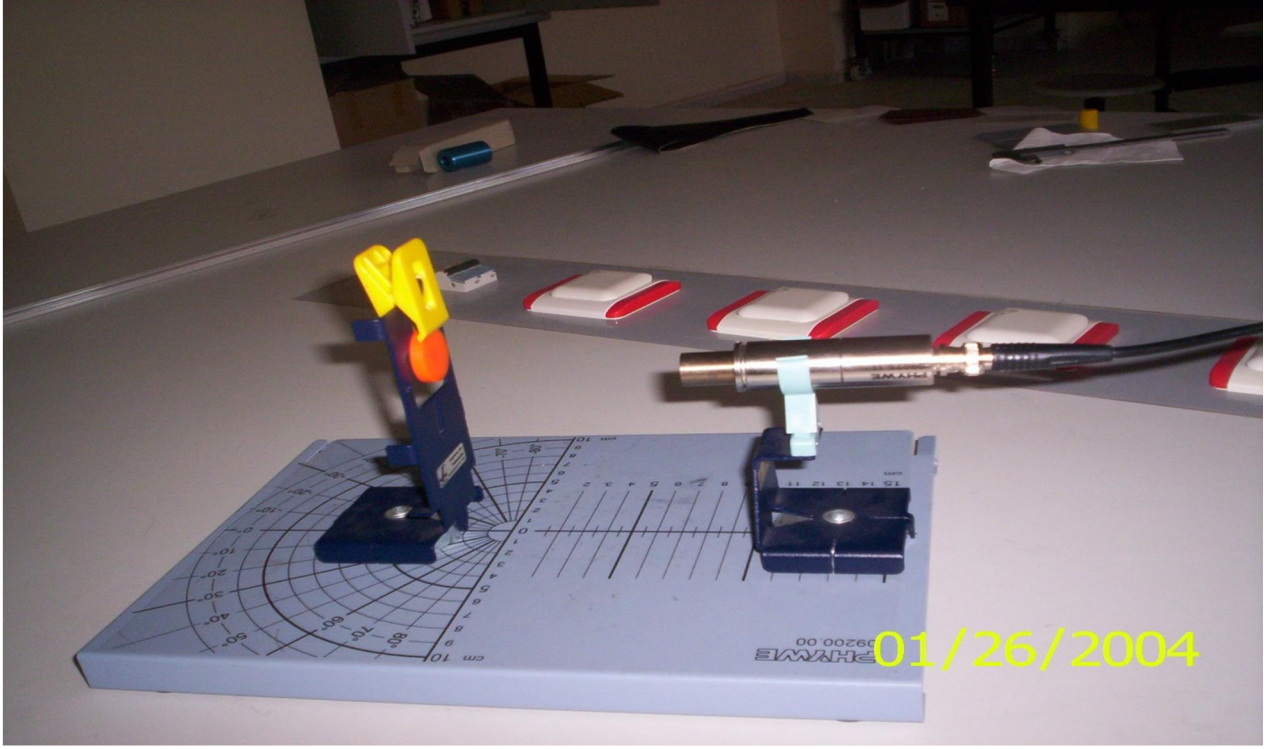
Kenneth S. Krane Cilt 1 Çeviri Başar Şarer, Nükleer Fizik, Palme Yayıncılık 2001

Atam P. Arya, Çeviri Yusuf Şahin, Çekirdek Fiziğinin Esasları, Aktif Yayıncılık 1999

Hacettepe Üniversitesi Kuantum Fiziği Laboratuvar Föyü 2001

Gazi Üniversitesi Atom Fiziği Laboratuvar Föyü 2004

Resimler



Resim 1: İzotropik Işınım için deney düzeneği



Resim 2: Soğurma katsayısı için deney düzeneği

Tablo 1

<u>x (cm)</u>	<u>k (m⁻²)</u>	<u>Parçacık Sayısı (dak⁻¹)</u>	<u>Parçacık - Fon Sayısı (dak⁻¹)</u>

<u>Fon Sayımı</u>	<u>Parçacık Sayısı (dak⁻¹)</u>
1. Ölçüm	
2. Ölçüm	
3. Ölçüm	
Ortalama	

Tablo 2

$I_0 = \dots\dots\dots \text{dak}^{-1}$

1. Madde

2. Madde

<u>d (mm)</u>	<u>Sayım Oranı (dak⁻¹)</u>	<u>d (mm)</u>	<u>Sayım Oranı (dak⁻¹)</u>

DENEY 5

HİDROJENİN BALMER SERİSİNDEN H_α , H_β , H_γ ve H_δ DALGABOYLARININ BULUNMASI

Deneyin Amacı:

- Yüksek çözünürlüklü ızgara filtre (grating) ile atomik hidrojenin spektral çizgilerinin gözlenmesi,
- Balmer serisinden H_α , H_β , H_γ ve H_δ dalgaboylarının ölçülmesi,
- Rydberg sabitinin (R_∞) bulunması.

Teori:

Bohr atom modeline göre, hidrojen atomu elektronu $-e$ olup, pozitif yüklü ve yükü $+Ze$ olan bir çekirdek çevresinde r yarıçaplı çember üzerinde dolanır. Hidrojen atomu çekirdeğine proton denir: Z çekirdeğin atom numarasıdır. Çember üzerinde hareket eden herhangi bir kütleye etkileyen merkezi ivme v^2/r dir. Burada v yörünge hızıdır. Buradan;

$$F = -\frac{Ze^2}{r^2} = -\frac{mv^2}{r} \quad (1)$$

$$mv^2r = Ze^2 \quad (2)$$

yörünge büyüklüğünü ve hızını veren ifade bulunur. Elektronun üzerinde hareket ettiği yörüngeler

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

eşitliğine uygun olarak düzenlenir. Buna göre elektronun yörünge üzerindeki açısal momentumu $h/2\pi$ nin tam katlarından birine eşittir. Elektronun bu varsayıma dayanan toplam enerjisi

$$E_n = \frac{-me^4}{n^2} \frac{2\pi^2}{h^2} \quad (3)$$

dir. Burada; $e=1,610^{-19}$ Coulomb, $m=9.11 \times 10^{-31}$ kg ve $h=6,626 \times 10^{-34}$ J.s'dir. Bohr'un bundan sonraki varsayımı şudur: Elektronun yörünge enerjileri Planck'ın ışınım enerji

düzeylerine karşılık olmalıdır. Elektron n_2 enerji düzeyinden n_1 alt yörüngesine düşerse yitirdiği enerjiye karşılık bir miktar üretir ν salar. Atomun bu durumda saldığı ışınım enerjisi bu kuantumuna eşit olmalı ve böyle ışınım frekansı

$$\nu = \frac{2\pi^2 me^4}{h^3} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (4)$$

dır. n_1 'den daha büyük n_2 değerlerine geçiş serisi, sonsuz sayıda çizgi temsil eder. $n_1 = 2$, $n_2 = 3, 4, 5, 6, \dots$ hidrojen serisine “Balmer serisi” denir. Bu bölge spektrumun görünen bölgesidir. Balmer serisindeki çizgiler ise H_α , H_β , H_γ ve H_δ .. şeklinde gösterilir. Balmer soğurma ve salma çizgileri 3600 Å ile 6600 Å arasına dağılmıştır. Balmer serisinin soğurma ve salma çizgileri yıldızların da tayflarında çok sık görüldüğü için tayf sınıflamasında önemlidir

Görünür bölgede, atomik hidrojenin yayılım spektrumunda H_α , H_β , H_γ ve H_δ çizgileri bulunmaktadır. Bu çizgiler, ultraviole bölgeye kadar uzanan bütün seriye aittir. 1885 yılında Balmer, bu serinin frekansını aşağıdaki formül ile göstermiştir:

$$\nu = R_\infty \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n: 3, 4, 5, \dots \quad (5)$$

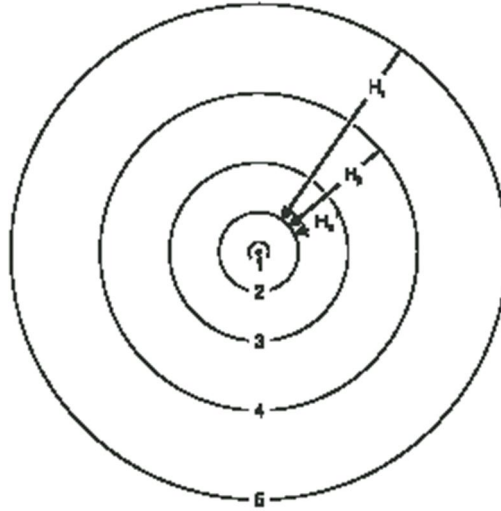
$R_\infty = 3.2899 \times 10^{15} s^{-1}$: Rydberg sabitini göstermektedir.

Daha sonraları, Balmer'in formülü yukarıda detaylı bir şekilde anlatılan Bohr atom modeli ile açıklanmıştır (Şekil 1).

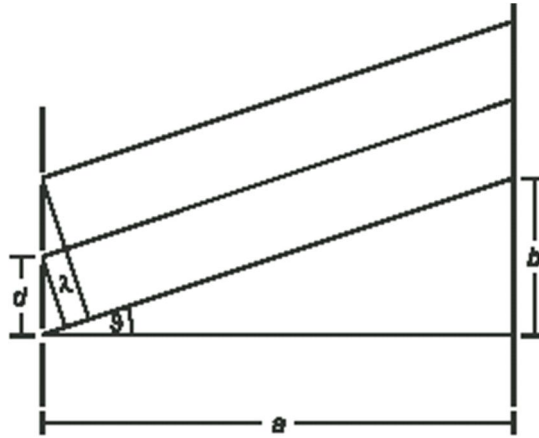
Bu deneyde, yayılım spektrumu, içi su buharıyla dolu olan Balmer lambası ile uyarılmaktadır. Bu su molekülleri elektrik akımıyla ayrışarak, uyarılmış atomik hidrojen ve hidrosil grubuna dönüşmektedir. H_α , H_β , H_γ ve H_δ dalgaboyları yüksek çözünürlüklü ızgara filtre belirlenmektedir. Izzgara filtrenin birinci mertebesinde, dalgaboyu λ ve gözlem açısı θ arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\lambda = d \cdot \sin \theta \quad (6)$$

d: ızgara filtre sabiti



Şekil 1. Balmer serisi geçişleriyle hidrojenin Bohr atom modeli (şematik gösterimi).



Şekil 2. Izgara filtreden 1. derecede kırınım

Hesaplamalar:

Izgara filtre için $g = 600 \text{ mm}^{-1}$

Izgara filtre sabiti $d = \frac{1}{g} = 1.67 \mu\text{m}$ ve

Izgara filtrenin uzaklığı $a = a_1 + a_2 + \frac{d_1}{2} + d_2$

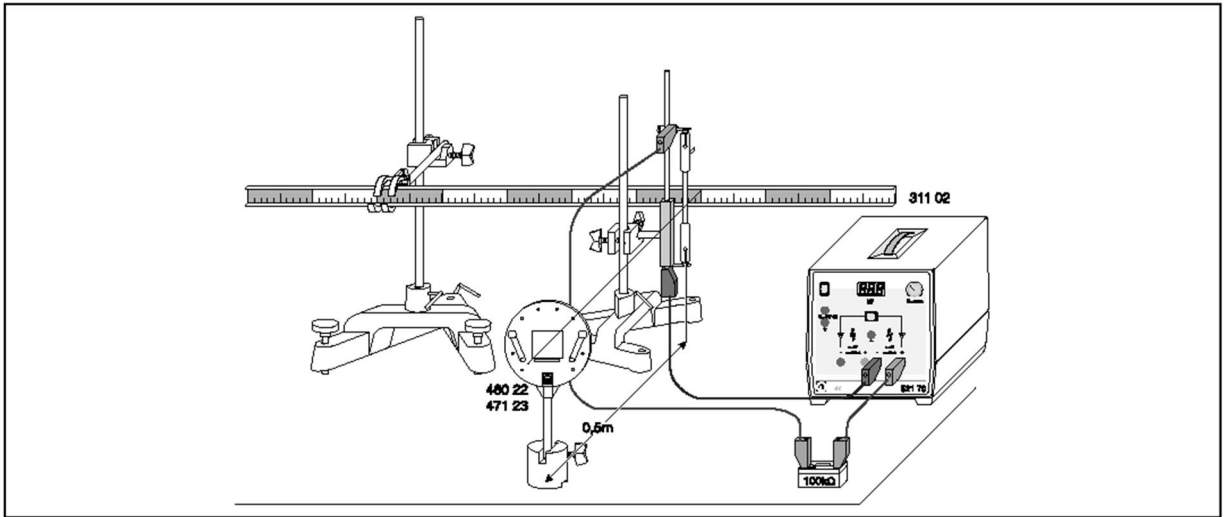
Şekil 2'ye göre $\sin \theta = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

Araçlar :

- 1 Balmer lambası
- 1 Balmer lambası için güç kaynağı
- 1 Rowland ızgara filtre
- 1 Tutucu
- 1 Optik ayak
- 1 V şekilli ayak
- 1 metre

Kurulumun Ayarlanması :

- Balmer lambası, dikey duracak şekilde tutucu ile ayarlanarak optik eksene yerleştirilir.
- 50 mm odak uzaklıklı mercek optik eksene paralel ve ortogonal olarak, Balmer lambasının ışığını yarık üstüne düşürecek şekilde yerleştirilir.
- Spektral çizgiler sadece karanlık ortamda net bir şekilde izlenebilir.



Şekil 3. Atomik hidrojenin Balmer serisinin incelendiği deney kurulumu

Önemli Uyarı : Balmer lambası yerleştirilmeden güç kaynağı kesinlikle açılmaz

Deneyin Yapılışı :

- a) $\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ değerlerini n=3,4,5, ve 6 için hesaplayınız ve Denklem 5 yardımıyla n=3 (H_α), n=4 (H_β) n=5 (H_γ) ve n=6 (H_δ) için frekans değerini hesaplayınız.
- 1 nolu basamakta bulduğunuz frekansları kullanarak $\lambda_n=c/v_n$ formülünü kullanarak her n değeri için dalga boylarını bulunuz. Dalga boylarını kullanarak enerjileri $E_n=hc/\lambda_n=hv_n$ eşitliği yardımıyla bulunuz. Bulduğunuz bu değerleri Tablo 1'e kayıt ediniz.

	$\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}$	v_n (Tera Hz)	λ_n (nm)	E_m
n=3				
n=4				
n=5				
n=6				

Tablo 1. 1 ve 2.basamaklarda bulduğunuz değerleri bu tabloya kayıt ediniz

- Izgara filtreyi uygun bir şekilde yerleştiriniz.
- Izgara filtreyle lamba arasındaki uzaklığın 50 cm olduğundan emin olunuz.
- Odayı tümenden karanlık yapınız ve Balmer Lambası üzerine ışık gelmediğinden emin olunuz.
- Deneyisel olarak kırmızı, turkuaz, mavi ve mor ışıkların konumu cetvel üzerinden (Şekil 2 ye bakınız) ölçerek b değeri olarak Tablo 2'ye kayıt ediniz.

Renkler	b (m biriminde)
kırmızı	
turkuaz	
mavi	
mor	

Tablo 2. Çizgilerin sıfırcı noktadan uzaklığı (b)

- Deneyisel hesaplamalar kısmında verilen bilgileri yardımıyla her renk için dalga boyunu hesaplayınız

8. $v=c/\lambda$ formülünü kullanarak her bir renk için frekansları, $E=hv$ formülü yardımıyla da enerjiyi bulunuz.
9. 7 ve 8 nolu basamaklarda bulduğunuz sonuçları Tablo 3 e kayıt ediniz.

	λ (nm)	ν (Tera Hz)	E
Kırmızı			
Turkuaz			
Mavi			
Mor			

Tablo 3. Deneysel olarak bulunan fiziksel parametreler

10. Tablo 2 ve Tablo 3 te bulunan dalga boylarını (frekansları/enerjileri) karşılaştırarak hangi rengin hangi n değerine karşılık geldiğini saptayınız ve Tablo 4'ü doldurunuz.

	n
Kırmızı	
Turkuaz	
Mavi	
Mor	

Tablo 4. Renkler ve quantum sayılarının eşleştirilmesi

11. Tablo 4'ü kullanarak $\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) - \nu$ grafiğini çiziniz.

Sorular

1. Yukarıda n olarak verilen sayısının fizikteki önemini bulunuz.
2. Grafiğinizdeki eğim nedir, size neyi çağrışmaktadır.
3. $n = \infty$ için enerjinin değeri kaç olur, bu değer sizce neyi ifade etmektedir.

Kaynaklar

- *Leybold Didactic Company Laboratory Manual*
- *Arthur Beiser, Concepts of Modern Physics*
- *Kenneth Krane, Modern Physics*
- *Stephen Gasiorowicz, Quantum Physics*
- *Richard Liboff, Introductor*