

DENEY NO : 4

DENEYİN ADI : FRANCK-HERTZ DENEYİ

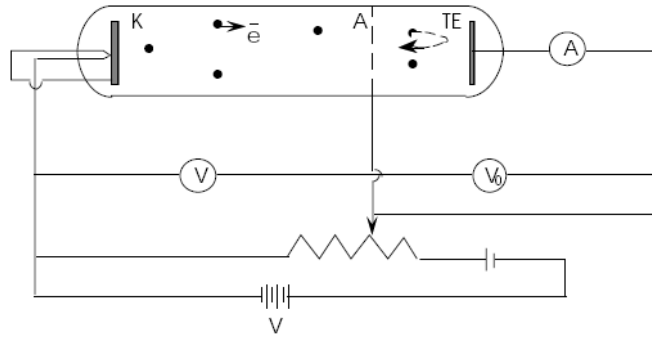
DENEYİN AMACI : Elektronlar ile cıva atomları arasındaki çarpışmalar sonucu üretilen enerji ve geçişleri incelemek.

TEORİK BİLGİ

Bohr atom modeline göre, bir atomdaki elektronlar çekirdek etrafında belirli enerji seviyelerinde hareket ederler. Elektronların enerjilerini artırarak, temel durumda bulunan elektronu daha üst enerji seviyelerine çıkarmak veya atomdan koparmak mümkündür. Temel durumda bulunan elektronu daha üst enerji seviyelerine çıkarmak için yeterli enerjiye uyarma, atomdan uzaklaştırmak için gerekli enerjiye ise iyonlaşma enerjisi denir.

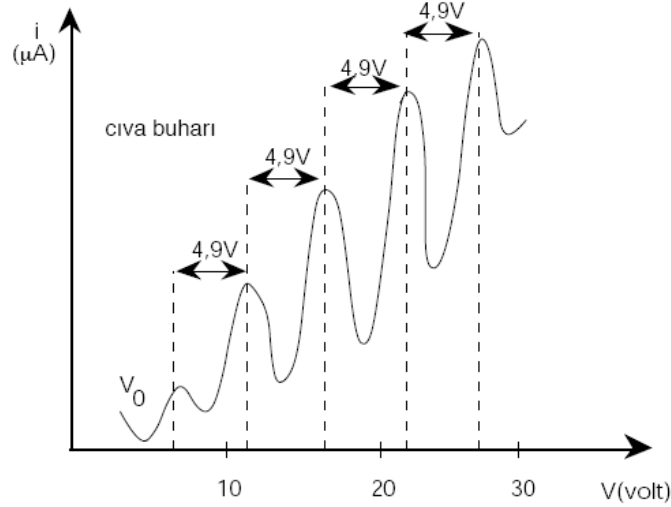
Atomların ışınım spektrumunu oluşturan çizgiler, aralıklı enerji düzeylerinin kanıtıdır. Atomların enerji düzeylerinin kesikliliğini kanıtlayan ilk deney Frank-Hertz deneyidir.

Deney düzeneği bir katot ışını tüpünden oluşuyor. Tüpün bir ucunda, ısıtıldığında elektron saçan bir katot, diğer ucunda da, yüzeyine ulaşan elektronları toplayarak akım oluşturan bir anot bulunmaktadır. Bu ikisinin arasına ayrıca, elektronları hızlandırmak için, katoda L uzaklığında bir ızgara yerleştirilmiştir. Katotla ızgara arasına bir 'hızlandırma gerilimi', diyelim V uygulanmakta. Dolayısıyla, aralarında yaklaşık sabit bir elektrik alanı var: $E=V/L$. O halde, katottan ayrılan bir elektronun üzerindeki kuvvet de sabit ve $F=qE=eV/L$ kadar. Bu kuvvetin etkisiyle katottan uzaklaşıp x mesafesine ulaşan bir elektron, bu arada elektrik alanı tarafından $F.x=eV(x/L)$ kadar kinetik enerji kazanmış oluyor: Izzaraya vardığında eV kadar. Fakat anoda, ızgaraya göre biraz negatif potansiyel uygulanmış. Dolayısıyla, L mesafesi boyunca hızlandırılıp eV kadar kinetik enerji kazandırılmış olan elektronlar, ızgarayı geçtikten sonra anoda ulaşmak için, ufak bir potansiyel enerji tümseğini aşmak zorundalar. Tüpün içi düşük basınçlı, örneğin cıva buharıyla dolu. Hızlandırma gerilimi 0'dan başlatılıp, kademeli olarak artırılıyor. Katottan ayrılan elektronların, yol boyunca hızlanırken, arada bir cıva atomlarıyla çarpıştıkları oluyor. Fakat kütleleri çok küçük olduğundan, yarım tonluk beton bloğa çarpan bilyeler gibi, hemen hiç kinetik enerji kaybetmeksizin yansıyıp, tekrar yollarına ve hızlanmaya devam ediyorlar. Izzara önündeki potansiyel engelini aşabilenler anoda ulaşır, hızlandırma geriliminin fonksiyonu olarak ölçülmekte olan akıma katkıda bulunuyor.



Şekil 4.1. Frank-Hertz deney düzeneği teorik şeması

Anodun birim yüzeyine saniyede ulaşan elektron sayısı; tüp içindeki elektronların sayısal yoğunluğuyla (n), anoda ulaşınca kadar kazanmış oldukları hızın (v) olmak üzere toplam akım $i=J.A=v.n.A$. Akımı veren bu çarpanlardan A sabitken, n de yaklaşık sabit kalırken; v , hızlandırma gerilimiyle birlikte artar. Sonuç olarak, toplam akımın da artması gerekir.



Şekil 4.2 Frank Hertz deneyi sonuç grafiği

Deney sonuçlarını gösteren üstteki grafikte, $V=4,9$ volt civarına kadarki durum böyle. Fakat ondan sonra akım ansızın düşüyor. Bunun nedeni, kinetik enerjisi $4,9$ eV'a ulaşan elektronların, cıva atomlarıyla esnek olmayan çarpışmalara girmeye başlaması. Böyle bir çarpışmada, atom temel enerji düzeyinden bir üst enerji düzeyine uyarılırken, elektron $4,9$ eV kinetik enerji kaybediyor. Bu olay şimdilik, elektronların en büyük enerji düzeyine ulaştıkları ızgara öncesi konumda yer almakta ve esnek olmayan çarpışma yapıp enerji kaybeden elektronlar, ızgara sonrasındaki ve anodun önündeki potansiyel enerji tümseğini aşamadıklarından, akım azalmaktadır. Fakat gerilimin artırılmasına devam edildiğinde, elektronların ızgaraya ulaşana kadar kazanacakları enerji $4,9$ eV değerinin üstüne çıkarken, atomları uyardırmaya yeten bu miktardaki enerjiyi edindikleri x konumu da, ızgaradan uzaklaşıp katoda doğru geriler ($4,9\text{eV}=Vx/L$).

Kısaca özetlersek, elektronların kinetik enerjileri uygulanan voltaja bağlı olarak öyle bir değere gelir ki, gaz atomunda temel durumunda bulunan bir elektronu bir üst seviyeye çıkartabilecek değere ulaşır. Bu durumda atomdaki elektronlar hareketli elektronların enerjilerini soğurarak bir üst enerji seviyesine çıkar ve devreden geçen akım değeri azalır. Akımın bu değerine karşılık gelen voltaj, gaz atomunun birinci uyarılma enerjisine denktir. Uygulanan voltaj arttırılmaya devam edildiğinde hareketli elektronların kinetik enerjileri yine artmaya başlar ve buna bağlı olarak devreden geçen akım da artmaya başlar. Akımda gözlenen artış ikinci iyonlaşma enerjisine kadar devam edecek, ikinci iyonlaşma enerjisinden sonra akım tekrar azalarak olay bu sırayı izleyecektir.

DENEYİN YAPILIŞI

Araçlar

Deney cihazı Franck-Hertz Hg tüpü ve Franck-Hertz fırını olmak üzere iki ana kısımdan oluşur. Deney için gerekli cıva buharı yoğunluğunu elde edebilmek için tüp ısıtılır. Uygulanan hızlandırma voltajındaki anot akımı, serbest elektronlar ile çarpışan Hg atomlarının enerji seviyelerindeki yarılmayı muhafaza eder.

Franck-Hertz fırını

Fırına alternatif akım uygulanması gerekir, doğru akım uygulanmaktan kaçınılmalıdır. Deneye başlandığında, ilk seferde fırının ısınması için 10 dakika beklenmelidir. Fırın kontrol düğmesi açıldıktan sonra, fırın sıcaklığı otomatik olarak kontrol edilmektedir.

Franck-Hertz tüpü

Franck-Hertz Hg tüpü (elektronların çarpıştığı tüp) üç kısımdan oluşur. Bunlar: Dolaylı yoldan ısıtılmış olan oksit kaplı bir katot C, örgü şeklindeki hızlandırma elektrotu A ve toplama elektrotu S. Katot ile örgü şeklindeki hızlandırma elektrotu arasındaki mesafe, uygulanan sıcaklıkta Hg buharındaki serbest elektronların dalga boylarından daha büyük olmalı ki etkileşme olasılığı oldukça yüksek olsun.



Şekil 4.3 Franck-Hertz Deney Düzenegi

1. Franck-Hertz Hg tüpü ile kontrol paneli arasındaki bağlantıyı yapınız. Kontrol paneli üzerindeki düğmeyi kullanarak fırını açınız.
2. Tüm deney sisteme bağlı olan bilgisayar üzerinden kontrol edilmektedir. Bunun için öncelikli olarak kontrol panelini PC moduna getiriniz. Bilgisayarda aşağıdaki değerleri girerek deney grafiğini elde ediniz

$$T=(175 \pm 10) ^\circ\text{C}$$

$$V_1=0 \dots 60 \text{ V}$$

$$V_2=(2.0 \pm 0.5) \text{ V}$$

$$V_H=(6.3 \pm 0.5) \text{ V}$$

Uyarılar!

1. V_h voltajını yukarıda verilen değerden çok fazla yükseltmeyiniz. Franck-Hertz Hg tüpüne zarar verebilirsiniz.
2. İyi bir deney sonucu elde etmek için fırın sıcaklığını 160°C ile 190°C arasında tutunuz.

SORULAR

1. Elde ettiğiniz grafikte tepeler arası mesafelerin neden birbirine eşit olduğunu açıklayınız.
2. Deneyde cıva yerine başka bir element kullanılsaydı, deney sonucunda ne gibi değişiklikler beklerdiniz.