

5 Fotoelektrik

Amaç

Fotoelektrik olayını incelemek ve farklı dalga boyunda ışıklar kullanarak Planck sabitini ve metalin iş fonksiyonunu bulmak.

Genel Bilgiler

1887 yılında Alman Fizikçi Heinrich Hertz, bir metale ışık düşürerek elektrik sinyali elde etmiştir. 1900 yılında Max Planck, elektromanyetik dalgaların taşıdığı enerjinin ancak enerji paketler şeklinde yayınlandığını keşfetmiştir. Bu olaylar keşfedilene kadar ışığın sadece dalga özelliği ve ışığı betimleyen Maxwell denklemleri bilinmekteydi. Ardından 1905 yılında Albert Einstein, deneysel olarak yapılan fotoelektrik deneylerini başarılı bir şekilde teorik temellendirmiştir. 1921 yılında Einstein, "fotoelektrik efektinin kanunlarını keşfetmesi" adıyla Nobel ödülü kazanmıştır.

Işığın dalga özelliğini Young'ın deneyi, Michelson-Morley deneyi gibi deneylerle betimlenebilir. Fotoelektrik gibi deneyler ile ışığın parçacık özelliği de incelenebilir. de Broglie'nin dalga-parçacık çiftliği (dualitesi) ışık için de geçerli olup, dalga özelliği veya parçacık özelliği gösterdiği deneyler mevcuttur. Işığın parçacık haline foton denir. Fotonlar kütesizdir. Bu deneyde, ışığın parçacık özelliği yani fotonların davranışı incelenecektir.

Fotoelektrik etki, yeterli enerjiye sahip olan bir fotonun, metalin yüzeyindeki elektronları kopartarak bir sinyal üretmesi şeklinde açıklanabilir. Metallerin yüzeyinde bağlı bulunan elektronlara gelen fotonlar, elektronları yüzeyden koparır ve bir elektrik akımı oluşturur. Açığa çıkan elektronlar, gelen fotonun özelliklerine bağlıdır. Fotonların enerjisi frekansa bağlı olarak şöyle verilir:

$$E = hv = h \frac{c}{\lambda} \quad (5.1)$$

Metal yüzeyinden elektronları kopartmak için gereken en az enerjiye *iş fonksiyonu* denir. İş fonksiyonunu W_0 şeklinde gösterilir.

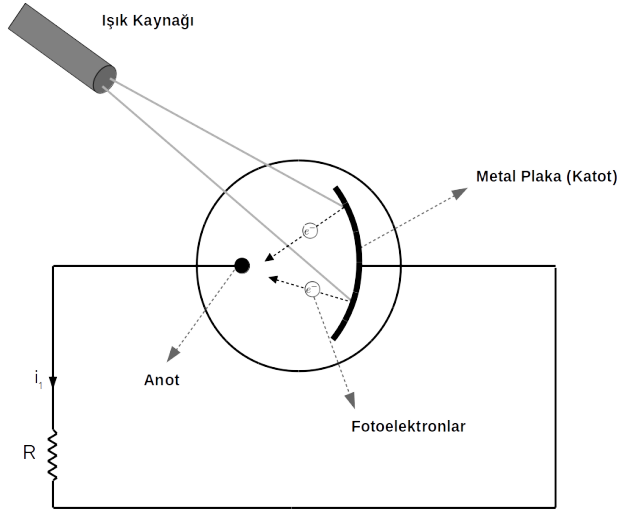
- Eğer gelen fotonların enerjisi, iş fonksiyonundan küçük ise, $hv < W_0$, fotonlar yüzeyden elektronları kopartamazlar.
- Eğer fotonların enerjisi koparma enerji iş fonksiyonundan büyük ise $hv > W_0$, yüzeyden elektron koparacaktır.

Yüzeyden kopan elektronlara fotoelektron adı verilir.

İş fonksiyonu yüzeydeki elektronların bağlanma enerjisine göre değişkenlik gösterir. Yani iş fonksiyonunun değeri, ışık düşürülen materyale göre farklılık gösterecektir. Örneğin sezyumun iş fonksiyonu $W_0 = 1.9$ eV iken platinin iş fonksiyonu $W_0 = 6.4$ eV'dir.

Fotoelektronlar yardımı ile bir devre oluşturulduğunda sistemden belli bir miktarda akım geçtiği görülür. Bunun sebebi katottan kopan elektronlar anoda gelerek bir yük akışı oluşturur ve devreyi tamamlar. Bu devre (5.1) numaralı şekilde gibidir.

Şekil 5.1'de görülen i_1 akımı fotoelektronlar yardımı ile oluşturulmuştur. Bu sistemde fotoelektrik düzeneğe bir pil gibi düşünülebilir. Fotoelektronların oluşturduğu bu potansiyele V_0 diyelim. Bu potansiyel sayesinde R direncinin üzerinden i_1 akımı akacaktır. Fotoelektronların kinetik enerjisi de şöyle bulunur:



Şekil 5.1: Fotoelektrik Düzeneği

$$K = eV_0 \quad (5.2)$$

Burada e elektronun yüküdür. (5.2) numaralı denklemi şöyle yorumlayabiliriz. Işık düşürmüş olan metal yüzeyden (katottan) kopan fotoelektronların anota gelebilmesi için gereken potansiyel V_0 kadar olmalıdır. Bu da demek oluyor ki eğer sisteme V_0 büyüklüğünde bir pili ters takarsam devreden akım geçmez. Bu sebepten dolayı V_0 'a *durdurucu potansiyel* adı verilmektedir. Bu durdurucu potansiyel katotun cinsine ve gelen ışığın frekansına bağlıdır.

Metal üzerine düşen fotonun (5.1) denklemi ile verilen enerjisinin bir kısmı, fotoelektronu yüzeyden kopartmaya harcanırken, bir kısmı ise fotoelektronun kinetik enerjisine harcanır.

$$\begin{aligned} h\nu &= W_0 + E_{kinetik} \\ &= W_0 + eV_0 \\ eV_0 &= h\nu - W_0 \end{aligned} \quad (5.3)$$

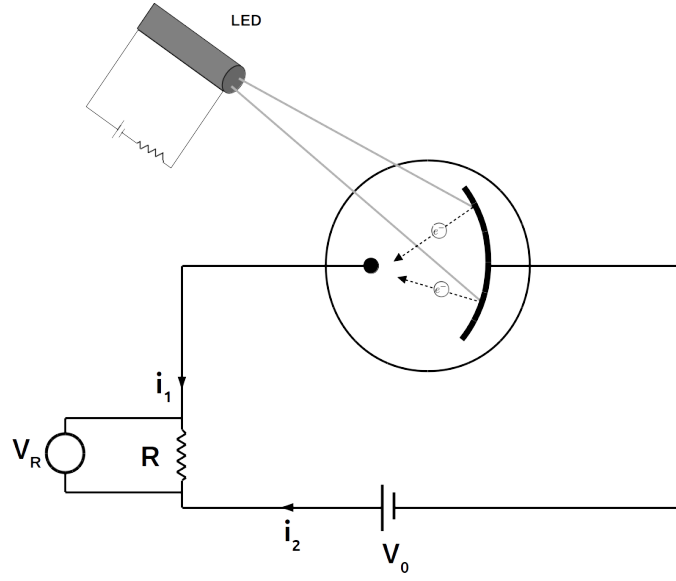
Burada frekans, ν , değişken olarak ele alınırsa (5.3) numaralı denklem $y(x) = mx + n$ formunda olur. Dolayısıyla (5.3) denkleminden görüleceği gibi, eV_0 'ın frekansa göre çizilecek grafik doğrusal çıkacak ve eğimi plank sabitini, y eksenini kestiği nokta da iş fonksiyonunu verecektir.

Deneyin Yapılışı

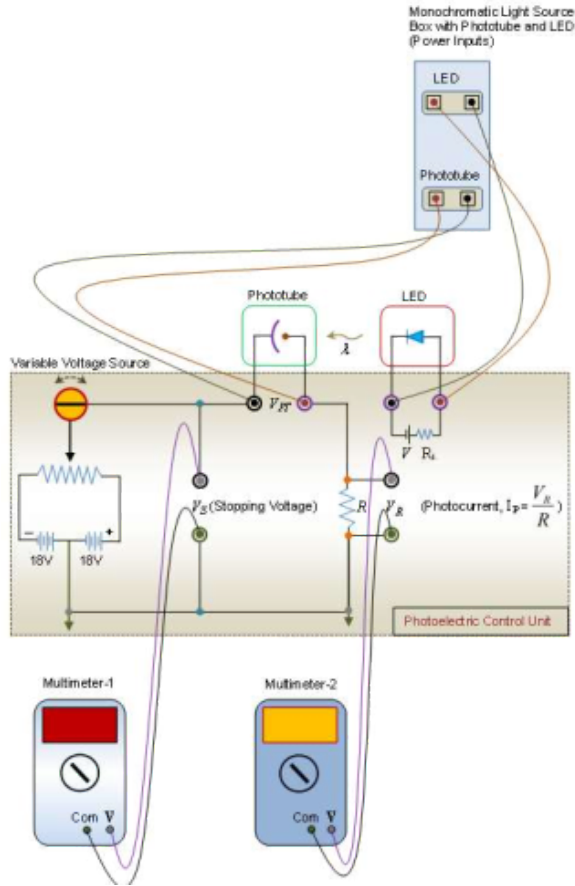
LAZERLERLERE ÇIPLAK GÖZLE BAKMAYIN!



1. Bu deneyde (5.2) numaralı şekil ile gösterilen şematiği kuracağız.
2. (5.3) numaralı şekilde gösterilen deney düzeneğini kurun.
3. Devreyi kurduktan sonra fototübün ve LED'in olduğu kutunun kapağını kapatın.
4. Fotoelektrik kontrol ünitesini, arka tarafında bulunan düğmeden açın.
5. Eğer kutunun içerisinden ışık geliyorsa, LED kutusunun üstünden kapatın.
6. Ayarlanabilir voltaj kaynağını (variable voltage source) sıfıra getirin.



Şekil 5.2: Fotoelektrik Deney Şematiği. Burada i_1 fotoelektronların oluşturduğu akım, i_2 ise durdurucu potansiyelin, V_0 , oluşturduğu akımdır. Eğer R direncinden hiç akım geçmezse, durdurucu potansiyel V_0 bütün fotoelektronları durdurmuş olacaktır.



Şekil 5.3: Fotoelektrik Deney Düzenegi

7. Bu deneyde 6 farklı dalgaboyuna sahip monokromatik (tek renkli) ışık kullanacağız. Deney düzeneğini kurduktan sonra LED kutusunun üzerindeki düğmeyi 605 nm'ye çevirin.
8. Kutunun içerisinde kırmızı bir ışık oluşacaktır. SAKIN BU IŞIĞA BAKMAYIN.
9. Oluşan ışık katoda düşecek ve elektronları kopartarak anota ulaştıracaktır. 2. Multimetre ile bir voltaj değeri okuyacaksınız. Bu voltaj V_R , fotoelektronların oluşturduğu i_1 akımından kaynaklanan voltajdır.
10. Ayarlanabilir voltaj kaynağının düğmesini, 2. multimetrede okuduğunuz V_R değeri sıfır olana kadar çevirin.
11. Artık i_1 ve i_2 zıt akımları aynı miktarda olduğu için 2. multimetrede hiçbir voltaj değeri okumayacaksınız.
12. Ayarlanabilir voltaj kaynağının voltajını, 1. multimetreden okuyabilirsiniz. Bu değeri okuyun ve (5.1) numaralı tabloya kaydedin.
13. Aynı deneyi 470 nm, 430 nm, 405 nm, 395 nm ve 385 nm dalga boyuna sahip ışıklar ile yapın ve tabloya kaydedin.

Tablo 5.1: Fotoelektrik Deneyi Ölçüm Tablosu

Dalgaboyu [nm]	Frekans [Hz]	Durdurucu Potansiyel [V]	Kinetik Enerji [eV]
λ	$\nu = \frac{c}{\lambda}$	V_0	eV_0

14. Kinetik enerjinin frekansa göre $eV_0 - \nu$ grafiğini çizin.
15. Bu grafiğin eğimini ve y eksenini kestiği yeri bulun.
16. (5.3) numaralı bağıntıyı kullanarak Planck sabitini, gerçek değeri ile olan farkı Δh ve iş fonksiyonunu hesaplayın. (Planck sabitinin gerçek değeri: $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s)

$$h_{\text{ölçülen}} = \dots\dots\dots \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$\Delta h = \dots\dots\dots \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$W_0 = \dots\dots\dots \text{ eV}$$

Sorular

1. Fotoelektrik günlük hayatta nerelerde kullanılır?
2. Deneyde kullanılan ışıklardan 385 nm dalga boyuna sahip ışık neden az görülür?
3. Bu deneyde kullanılan metal plaka yerine yalıtkan malzemeden yapılmış bir plaka kullanılsaydı ne olurdu? Nedenlerini açıklayın.
4. Işığın parlaklığı ile fotoelektrik olay arasında nasıl bir bağlantı vardır? Grafiklerle kullanarak açıklayınız.