

# PLANCK SABİTİ LABORATUVARDA!

R. Serra TOPALOĞLU

Danışman Öğretmen: Burak GÜRKAN



## Amaç

Planck sabiti, Lise Fizik derslerinin Modern Fizik konularında sıkça karşılaştığımız sabitlerden birisidir. Amacımız, bu önemli sabiti Lise laboratuvar ortamında ölçebilecek bir düzenek geliştirmek ve hesaplamaktır.

## Giriş

Işık bir elektromanyetik dalga olarak düşünüldüğünde girişim, kırılma, polarizasyon gibi bazı özellikleri açıklamaktadır. Ancak, fotoelektrik olay ve Compton olayı gibi bazı olaylar ışığın dalgalar halinde yayılması ile açıklanamamaktadır. Bu nedenle Planck, kara cisim ışımasında deneyde gözlenenlerin teorik açıdan tam olarak açıklanabilmesi için ışık enerjisinin de madde gibi kesikli bir yapıda olduğunu ve bir sistemin enerjisinin “kuanta” denilen bir miktarın katları miktarında olduğunu öne sürmüştür. Elektromanyetik ışımının enerjisi ışımının frekansı ile doğru orantılıdır.

$$E = hv$$

h, orantı sabiti Planck sabiti adını alır ve değeri  $6,626 \times 10^{-34}$  J.s (Joule çarpı saniye)'dir. Işığın kuantum enerjisine yani kuantasına foton denir (1).

LED, elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren bir diyot türüdür. Diyot, akımın yalnızca tek yönden geçmesini sağlayan iki bacaklı yarı iletken bir devre elemanıdır (2). Diyot boyunca hareket eden serbest elektron, P-tipi katmandaki bir boşluğa düştüğünde iletim bandından daha düşük bir enerji seviyesine geçmiş olur. Bu durumda elektron enerji yayar. Bu enerji, foton yani ışık şeklindedir(3). Foton enerjisi,

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Burada, c:Işık hızı(m/s), h: Planck sabiti  $\lambda$ :Dalga boyu(nm)dur.

Enerji seviyesi değişen elektronun enerjisi ise;

$$E = q_e \Delta V$$

eşitliğiyle bulunur. Burada,  $q_e$ , elektron yükü,  $\Delta V$ , Potansiyel Fark. Buradan,

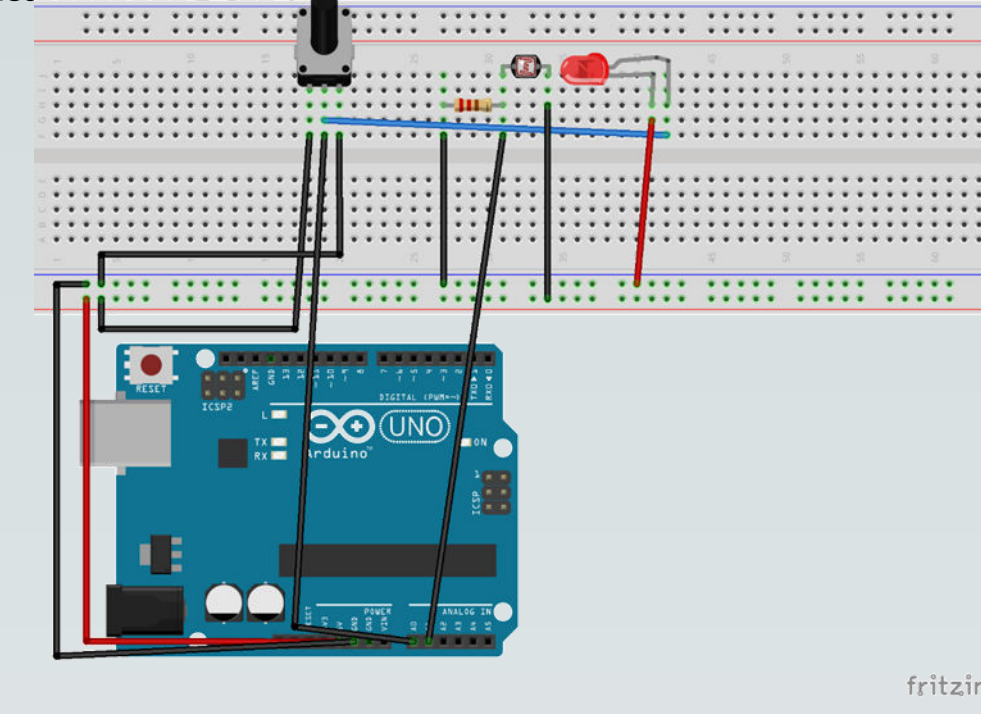
$$h = \frac{q_e \Delta V \lambda}{c}$$

elde edilir.

Bu formüllerde yer alan  $q_e$  ve c (ışık hızı) birer sabittir, değerleri sırasıyla  $1,6021766 \cdot 10^{-19}$  C ve  $299.792.458$  m/s 'dir (4).

## Kullanılan Yöntem

Dalga boyunu bildiğimiz bir LED için  $\Delta V$ , potansiyel farkını ölçebilirsek Planck sabitini hesaplayabileceğimizi öngörerek bir deney tasarladık. Planck sabitini bulmak için yapılan çeşitli çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, ölçümleri kendiliğinden yapabilen, verileri kaydedebilen, elektronik kontrol kartı (Arduino Uno) ile oluşturulmuş ve yazılımı tarafımızdan yazılmış bir düzenek (Şekil 1) ile ölçümler yapılmıştır. Bu devrede bir adet potansiyometre, bir adet LED lamba, bir adet LDR ışık sensörü kullanılmıştır.

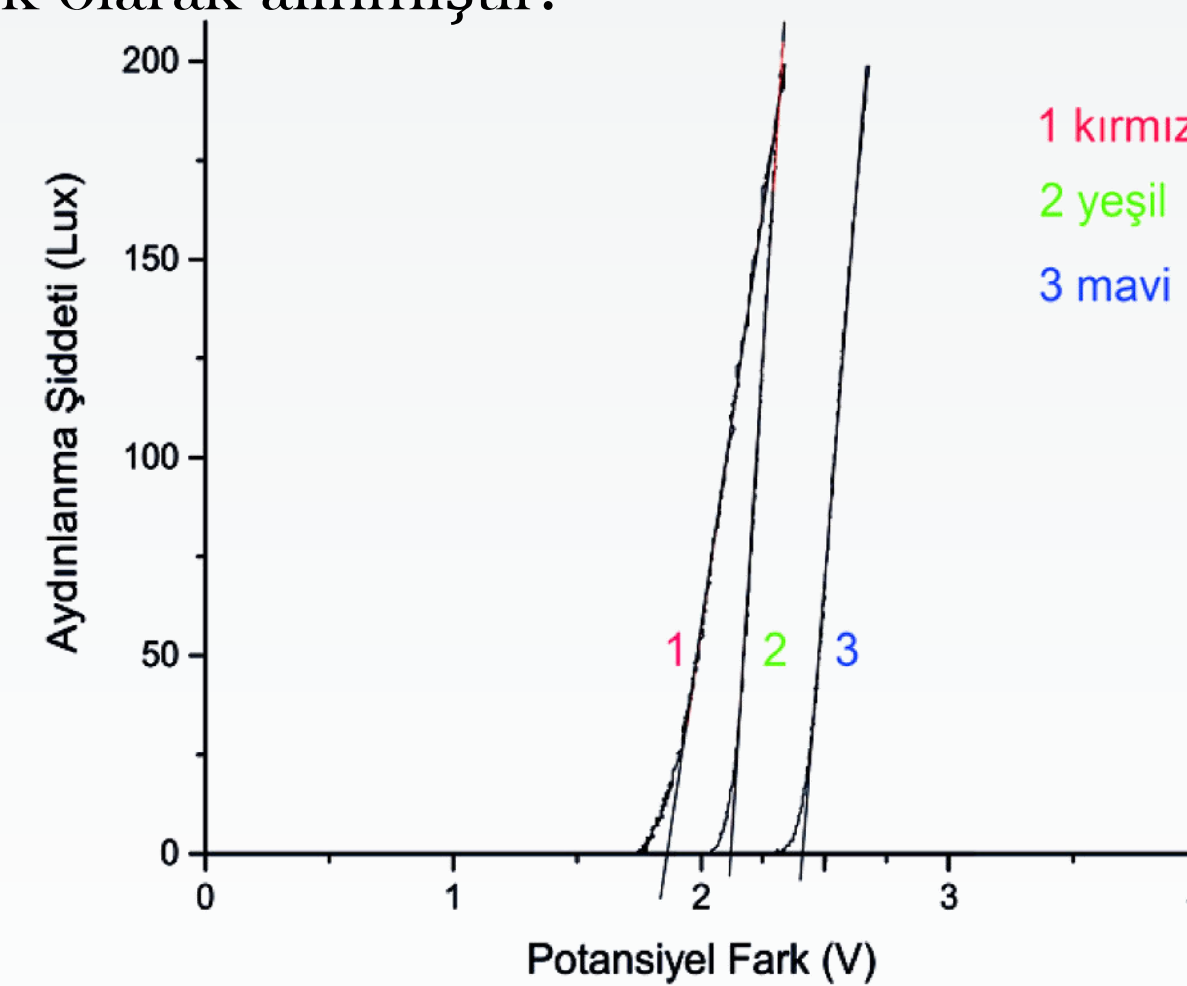


Şekil 1. Deney için oluşturulan elektronik devre

Gönderilen voltaj belirli bir eşik değerine ulaştığında LED ışık vermeye başlar. Kullanılan LEDler ana renklerden olan kırmızı, mavi ve yeşil renktedir. Tablo 1'de yer alan ortalama dalga boyuna bakılarak hesaplamalar yapılmıştır (5). Devreye gönderilen voltaj değeri potansiyometre ile 0'dan başlanarak artırılmış ve LED lambanın belirli bir eşik değerinden sonra yanması sağlanmıştır. LDR (Light Dependet Resistance), ortamdaki ışığın şiddetine göre üzerine düşen direnç değerini ters orantılı olarak ayarlayabilen bir optik sensör çeşididir. Her üç renkteki LED lambalar için yapılan ölçümlerde elde edilen değerler hesap makinesinde elde edilen formüle göre işleme konulduğunda Planck sabitine ulaşmaya çalışılmıştır.

## Bulgular

Potansiyometre ile değiştirilen voltaj ve LDR ile ölçülen aydınlanma değerleri bilgisayara seri bağlı elektronik karttan yakalanarak Şekil.3'teki grafik çizilmiştir. Grafiğin dikey ekseninde yer alan aydınlanma şiddeti, birim yüzeye dik olarak düşen ışık akısıdır ve birimi lux'tur (6), yatay ekseninde yer alan potansiyel fark ise LEDlere verilen voltaj değerini ifade etmektedir. LEDlerin eşik voltaj değerini bulmak için grafiğe, grafik işleme programı OriginPro 2016 ile doğrusal uydurma (lineer fitting) uygulanmış ve oluşan doğrunun yatay eksenini kestiği noktalar eşik potansiyel fark olarak alınmıştır.



Şekil.3 Ölçüm sonuçlarına göre çizilen grafik

LEDler için deney süresince elde edilen değerler sırasıyla yer almaktadır:

Kırmızı LED  
 $\Delta V=1,88$  V  
 $\lambda= 650$  nm  
 $h= 6,53.10^{-34}$  J.s  
Hata oranı= %1,5

Yeşil LED  
 $\Delta V= 2,12$  V  
 $\lambda= 565$  nm  
 $h= 6,39.10^{-34}$  J.s  
 $h= \%3,61$

Mavi LED  
 $\Delta V=2,41$  V  
 $\lambda=485$  nm  
 $h=6,20.10^{-34}$  J.s  
Hata oranı= % 6,48

## Sonuç ve Değerlendirme

Planck sabiti bir fotonun enerjisinin frekansına oranıdır. Bu fotonun yaydığı dalga boyunun ışık hızına oranı frekansı vermektedir, dalga boyu fotonun enerjisiyle orantılıdır. Buna göre dalga boyu büyük ışık yayan LEDin ışık vermeye başlaması için gereken enerji küçük, dalga boyu küçük ışık yayan LEDin ışık vermeye başlaması için gerekli enerji büyük olacaktır.

Ölçümler sırasında da eşik potansiyel farkının yani elektron enerjisinin, oluşan ışığın dalgaboyu ile ters orantılı olduğunu gördük. Çizdiğimiz grafiklerden elde ettiğimiz değerlere göre hesapladığımız Planck sabiti değerlerinden; kırmızı LED için elde edilen değer, alanyazındaki Planck sabitine en yakın sonucu vermiştir, hata oranı %1,5 olarak hesaplanmıştır. Yeşil LED için hata oranı %3,61 oranındadır. Mavi LED için ise hata oranı %6,48 gibi yüksek bir orandadır. Bunun nedeni olarak LDR'nin hassasiyetinin ışığın dalgaboyu ile ilişkili olduğunu düşünmekteyiz. Hassasiyet oranı, hata oranı en yüksek çıkan mavi için %25 iken daha doğru sonuç aldığımız yeşil ve kırmızı için sırasıyla %75 ve %45'tir. Bu durum sonuçlarımızla uyumludur.

## Öneriler

Düzenekte kullanılan mavi ve yeşil LEDlerin yaydığı ışığın dalga boyları bilinmemektedir. Bu nedenle alanyazından elde ettiğimiz dalga boyu aralığındaki ortalama bir değer seçilerek işleme konmuştur. Deney tekrarlanırken kullanılan LEDlerin yaydığı ışığın dalga boyunun bilinmesi hatta deneysel olarak ölçülmesinin doğruya daha yakın sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- (1)<http://www.kuark.org/2013/01/planckin-kuantum-teorisi-elektromanyetik-isima/>  
Erişim Tarihi 03.01.2018
- (2)İzgöl,K.(2017). Led Nedir? Tüm Led Çeşitleri ve Özellikleri <http://maker.robotistan.com/led/>  
Erişim Tarihi 04.01.2018
- (3)<https://electronics.howstuffworks.com/led2.htm>  
Erişim Tarihi 04.01.2018
- (4) <https://physics.info/constants/>  
Erişim Tarihi 04.01.2018
- (5)<https://www.jameco.com/Jameco/workshop/circuitnotes/circuitnote-led.pdf>  
Erişim Tarihi 25.12.2017
- (6) <http://www.fizik.net.tr/site/aydinlanma/>  
Erişim Tarihi 04.01.2018