

5.111 Ders Özeti #3

Bugün için okuma: Bölüm 1.2 (3. Baskıda 1.1), Bölüm 1.4 (3. Baskıda 1.2), 4. Baskıda s. 10-12 veya 3. Baskıda s. 5-7' ye odaklanın.

Ders 4 için okuma: Bölüm 1.5 (3. Baskıda 1.3) – Maddenin Dalga- Parçacık İkiliği ve Bölüm 1.6 (3. Baskıda 1.4) – Belirsizlik İlkesi.

-
- Konular:**
- I. Atomun klasik tanımının çöküşü (Ders #2' den devam)
 - II. Kuantum mekaniğine giriş: dalga – parçacık ikiliği
 - III. Dalga olarak ışık, dalganın özellikleri
 - IV. Parçacık olarak ışık, fotoelektrik etki
-

I. ATOMUN KLASİK TANIMI (VE ÇÖKÜŞÜ)

Coulomb Kuvvet Kanunu H atomunda çekirdek ve elektron arasındaki F'yi tanımlar.

$$F(r) = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

e = elektron yükünün mutlak değeri

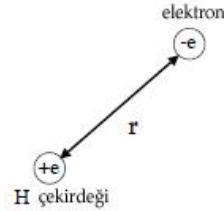
r = iki yük arasındaki uzaklık

ϵ_0 = boşluğun geçirgenlik sabiti ($8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ J}^{-1} \text{ m}^{-1}$)

1 elektron ve 1 proton içeren H atomunu ($Z=1$) düşünelim.

$r \rightarrow \infty$ giderken $F(r) = \underline{\hspace{2cm}}$

$r \rightarrow 0$ giderken $F(r) = \underline{\hspace{2cm}}$



Elektron çekirdeğe ne kadar yaklaşırsa, iki yük arasındaki çekim kuvveti o kadar büyür.

- Coulomb kuvvet kanunu, kuvvetin (F) r ' nin bir fonksiyonu olduğunu söyler.
- Coulomb kuvvet kanunu, r ' nin $\underline{\hspace{2cm}}$ ile nasıl değiştiğini söylemez.

Coulomb kuvveti etkisi ile elektron ve çekirdeğin nasıl hareket ettiğini söyleyen KLASİK BİR HAREKET KANUNU vardır: Newton'un 2. Kanunu

$$F = ma$$

$$\text{Kuvvet} = \text{kütle} \times \text{ivme}$$

F ' i, hızın $F = m(\underline{\hspace{2cm}})$ veya uzaklığın $F = m(\frac{d^2 r}{dt^2})$ fonksiyonu olarak yeniden yazabiliriz.

F 'i Coulomb kuvvet kanununda yerine koyar ve eşitliği $r_{\text{başlangıç}}$ değeri için çözebiliriz.

H atomunun tipik yarıçapı olan, $r_{\text{başlangıç}} = 10 \text{ \AA} (10^{-10} \text{ m})$ değeri için hesaplırsak

$$r = 0 \text{ da } t = \underline{\hspace{2cm}} \text{ saniyedir!}$$

Bu sonuç elektronun _____de çekirdek içine gömüleceğini öngörür!

Buradaki hata nedir?

Klasik mekanik kanunları artık bu boyutta geçerli değildir.

Bu ve diğer “rahatsız edici” gözlemleri açıklayacak yeni bir mekanik türüne ihtiyaç duyulur.

KUANTUM MEKANİĞİ atomik ölçekte (nanometre veya daha küçük) maddenin davranışını açıklayan tek ve kapsamlı bir teori sunar.

II. KUANTUM MEKANİĞİNE GİRİŞ

- **Madde ve ışığa hem _____ hem de parçacık- gibi özellikler gösterir.**
- **Işık foton adı verilen enerji paketlerinden meydana gelmiştir.**

Atom yapısının tartışılmasını bir kenara koyup (Ders #5 de geri dönecektir), atomun anlaşılması için gerekli olan bu iki farklı gözlemden söz edelim.

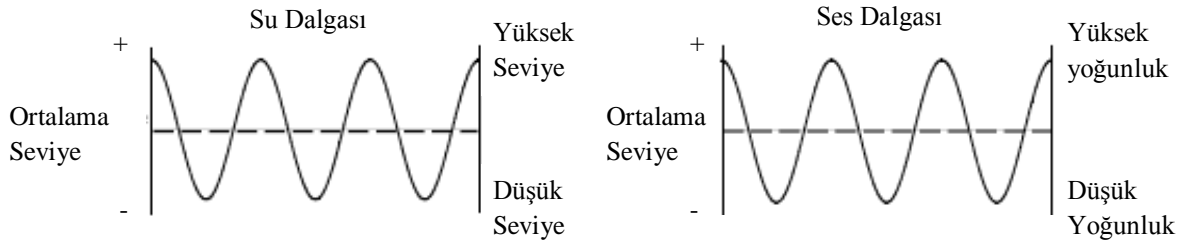
MADDE VE IŞIMANIN DALGA PARÇACIK İKİLİĞİ

1887 ve 1927 arasında, dalga ve parçacık arasındaki sınırın kesin olmadığını öne süren deneyler yapılmıştır.

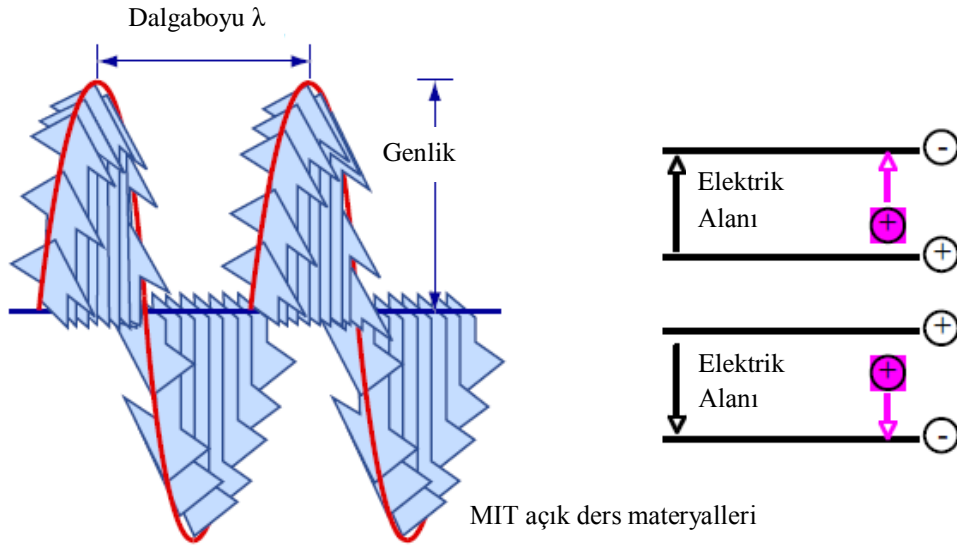
III. BİR DALGA OLARAK IŞIK; DALGALARIN ÖZELLİKLERİ

Su, ses ve ışık (elektromanyetik ışığa veya EM) dalgalarını içeren, dalgaların bazı genel özelliklerini tanımlayalım.

Dalgaların bazı nicelikleri periyodik olarak değişir.



Işık (_____ ışığa) elektrik alanının (manyetik alana dik) periyodik değişimidir.



MIT açık ders materyalleri

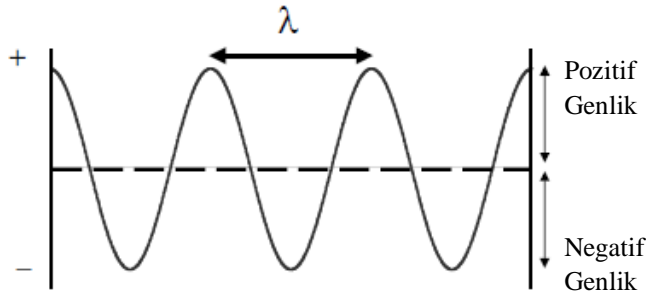
Elektrik alanı, Coulomb kuvvetinin faaliyet gösterdiği kuvvet alanıdır.

Elektromanyetik dalgayı aşağıdaki terimler ile tanımlayabiliriz:

Genlik (a): ortalama seviyeden sapma

Dalgaboyu (λ): ardışık maksimum ve minimum arasındaki _____

Frekans (ν): belli bir zamandaki _____ sayısı



Elektromanyetik ışımayı, matematiksel tanımlar kullanarak da karakterize edebiliriz :

$$E(x,t) = \underline{\hspace{10em}}$$

$$E = \underline{\hspace{10em}}$$

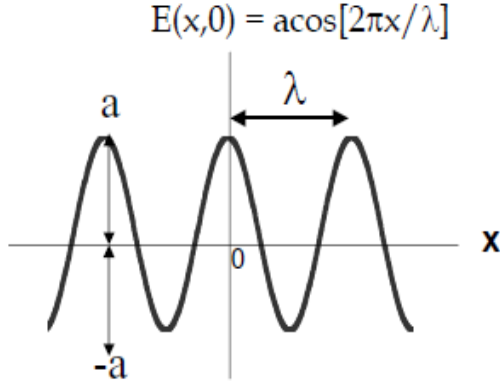
$$x = \underline{\hspace{10em}}$$

$$t = \underline{\hspace{10em}}$$

EM dalga, iki değişken, x ve t ' nin bir fonksiyonudur. Görselleştirmek için, bir değişkeni sabit tutalım ve diğer değişkenin bir fonksiyonu olarak çizelim. (Böylece dalgayı belli bir zamanda konumun bir fonksiyonu veya belli bir konumda zamanın bir fonksiyonu olarak çizebiliriz.)

Önce EM dalgayı belli bir zamanda inceleyelim.

$t = 0$ da



a=maksimum genlik

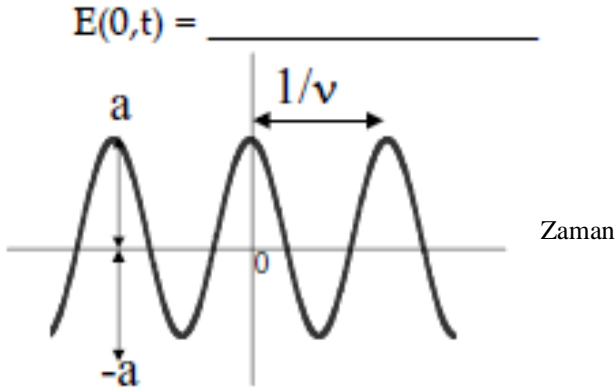
λ = dalgaboyu (uzunluk birimi cinsinden ifade edilir)

$x = \text{_____}$ iken, $E(x,0) = a$ (dalganın maksimumu)

Not: Dalga eşitliğine baktığımızda, genlik, **a**, otomatik olarak bilinir. Dalganın maksimum şiddeti de bilinir: **şiddet** = _____

EM dalgayı sabit konumda da tanımlayabiliriz.

$x = 0$ da



a = maksimum genlik

$1/v = \text{periyot} = 1 \text{ döngü için gereken zaman}$

Dalga hızını hesaplayabiliriz:

Hız = alınan yol / geçen zaman = _____ = _____

Elektromanyetik ışınma sabit bir hıza sahiptir, c “ışık hızı”:

$$\lambda v = c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Işığın her dalga boyu için, $\lambda * v$ çarpımı daima c ye eşittir. λ ve v birbirinden bağımsız DEĞİLDİR. λ biliniyorsa v , veya tam tersi, v biliniyorsa λ hesaplanabilir.

EM dalgalarının rengi dalga boyları ile tanımlanır:

KIRMIZI en uzun λ	$\sim 650 \text{ nm } (6.5 \times 10^{-7} \text{ m})$	ve en düşük ν	$4.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$
SARI	$\sim 580 \text{ nm } (5.8 \times 10^{-7} \text{ m})$		$5.2 \times 10^{14} \text{ Hz}$
YEŞİL	$\sim 520 \text{ nm } (5.2 \times 10^{-7} \text{ m})$		$5.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$
MAVİ en kısa λ	$\sim 460 \text{ nm } (4.6 \times 10^{-7} \text{ m})$	ve en yüksek ν	$6.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

Görünür ışık bütün elektromanyetik spektrumun sadece ufak bir kısmıdır:

radio dalgaları	$\lambda = 1 \text{ m} - 10^8 \text{ m}$
mikrodalgalar	$\lambda = 10^{-3} \text{ m} - 1 \text{ m}$
kızılötesi	$\lambda = 10^{-6} \text{ m} - 10^{-3} \text{ m}$
görünür	$\lambda = 10^{-7} \text{ m} - 10^{-6} \text{ m}$
morötesi	$\lambda = 10^{-8} \text{ m} - 10^{-7} \text{ m}$
x-ışınları	$\lambda = 10^{-11} \text{ m} - 10^{-9} \text{ m}$
gama-ışınları	$\lambda < 10^{-11} \text{ m}$

(Özel dalga boyu veya frekans aralığını bilmek zorunda değilsiniz, fakat renklerin bağıl sıralamasını ve dalga türlerini öğrenmelisiniz.)

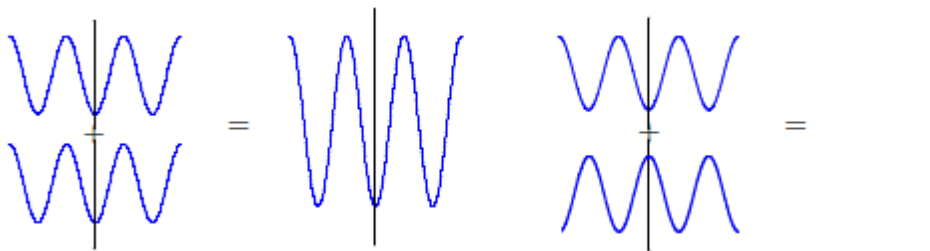
MIT Kimya Araştırma Örneği:

Bawendi laboratuvarında, çapı $< 10 \text{ nm}$ den küçük yarıiletken kristaller olan **kuantum beneklerinin** uygulaması ve sentezi araştırılır. UV ışınması ile uyarılan kuantum benekleri boyut ve materyal türlerine karşılık gelen karakteristik renkte ışımaya yaparlar. Daha küçük benek mavimsi ışık (daha yüksek frekans) ve daha büyük benek kırmızımsı (daha düşük frekans) ışık yayar. Kuantum benekleri, biyolojik ve sensör uygulamaları için giderek artan miktarda tasarlanmakta ve kullanılmaktadır.

Bawendi lab araştırma web sayfası: <http://nanocluster.mit.edu/research.php>

Prof. Bawendi ile mülakat : <http://www-tech.mit.edu/V128/N35/bawendi.html>

Dalgalar üst üste binme özelliğine sahiptir



Aynı fazda

Yapıcı girişim

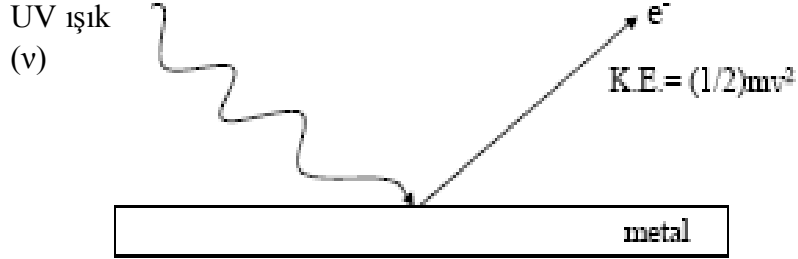
Farklı fazda

Yokedici girişim

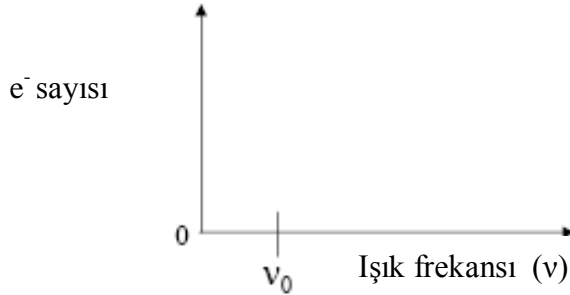
IV. PARÇACIK OLARAK IŞIK

Fotoelektrik Etki

Bir metal yüzeyine çarpan ışın demeti yüzeyden elektron fırlatabilir.

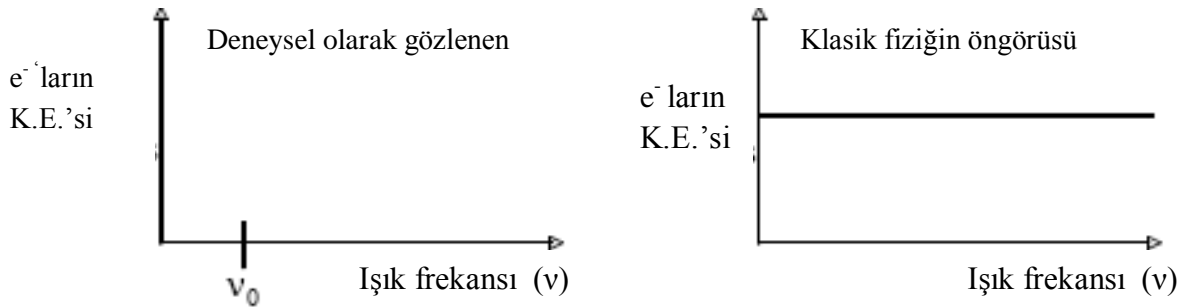


Elektronun fırlatılabilmesi için gelen ışığın frekansı, ν , metalin eşik frekansına, ν_0 , eşit veya büyük olmalıdır. ν_0 değeri metalin cinsine bağlıdır. ν_0 değerinin üzerinde, sabit şiddette, ışığın frekansı fırlatılan elektron sayısı üzerinde etkili değildir. ν_0 değerinin altında, elektron yayımlanmaz.

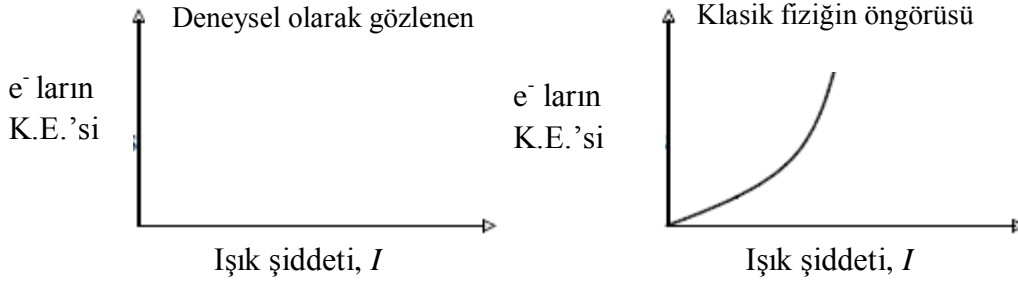


Yapılan (oldukça sürpriz!) gözlemler aşağıda verilmektedir:

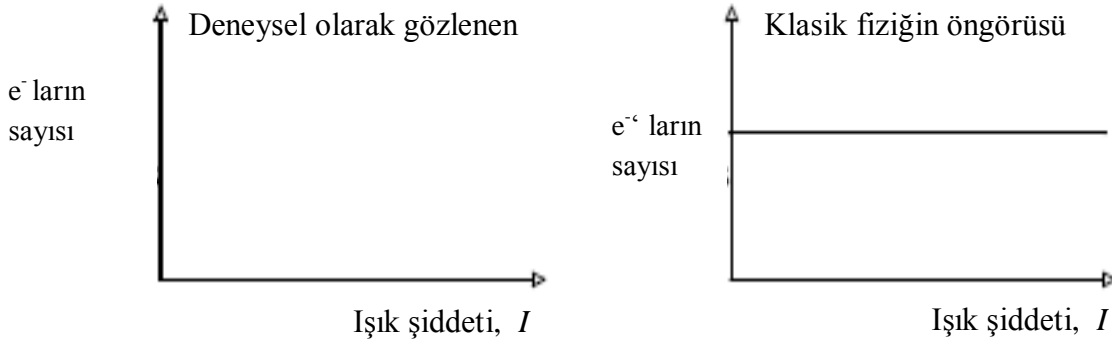
Fırlatılan elektronların kinetik enerjisi, K.E., gelen ışık frekansının bir fonksiyonu olarak ölçülmüştür:



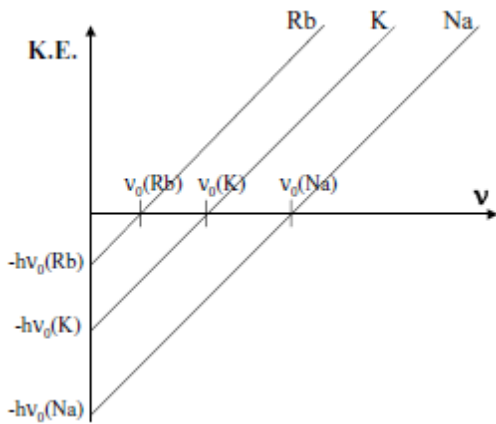
Fırlatılan elektronların kinetik enerjisi, K.E., gelen ışık şiddetinin bir fonksiyonu olarak ölçülmüştür:



Fırlatılan elektronların sayısı, gelen ışık şiddetinin bir fonksiyonu olarak ölçülmüştür.



Bu denel veriler, klasik mekaniğin öngöruları ile uyuşmuyordu. 1905 de, Einstein, farklı metallerin frekansın bir fonksiyonu olarak çizilen K.E. grafiklerini inceledi ve bütün verilerin doğrusal bir eşitliğe uyduğunu buldu.



$$y = mx + b$$

$$\text{eğim (m)} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{y-kesim noktası (b)} = (6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}) \nu_0$$

$$\text{Planck sabiti} = h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

Einstein bu doğruların eşitliğini yeniden yazdı:

$$y = mx + b$$

$$\text{K.E} = \text{_____} - \text{_____}$$

$$h\nu = \text{gelen ışığın enerjisi} = E_i$$

Einstein řunları önerdi (1905)

1) Fotonun enerjisi, frekansı ile orantılıdır!!!

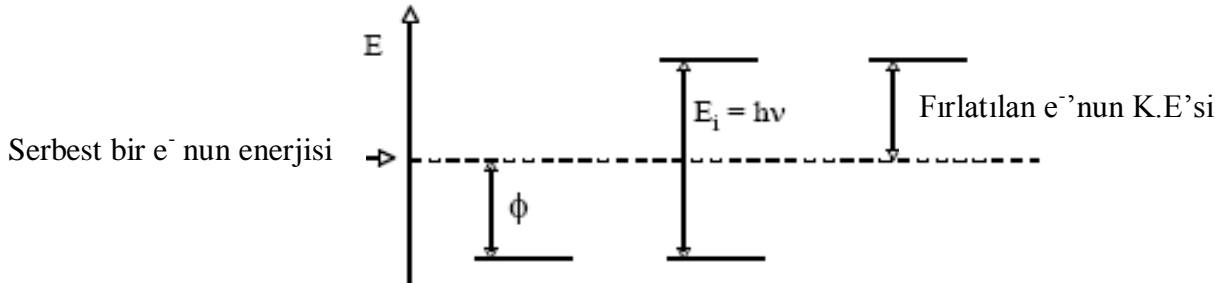
$$\mathbf{E = h\nu}$$

2) Işık “foton” adı verilen “enerji paketleri” nden oluşmuştur.

Bu önermeler, fotoelektrik olay için yeni bir model oluşmasını sağladı.

$$h\nu = E_i = \text{gelen ışığın enerjisi}$$

$$h\nu_0 = \text{_____} = \text{metal yüzeyinden bir elektron fırlatmak için gereken enerji}$$



Bunu matematiksel olarak tanımlayabiliriz:

$$\text{K.E.} = \text{_____} \text{ veya } E_i = \text{_____}$$

(Not: bunlar $\text{K.E} = h\nu - h\nu_0$ eřitliđinin sadece farklı biçimleridir.)