FİZİK Sınıf-12

OGM MATERYAL
ORTAÖĞRETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

KONU MODERN FİZİK ÜNİTE DEĞERLENDİRME

Foton: Max Planck'ın siyah cisim ışıması konusundaki fikirlerinden etkilenen Einstein, ışığın enerji paketlerinden oluşuyor olabileceğini düşündü. Einstein, Planck'ın atomlara uyguladığı matematiksel kuant (enerji paketi) fikrini ışığa uygulamıştır. Işığı oluşturan bu enerji paketleri sonradan foton adını almıştır. Maxwell denklemleriyle özetlenen ışığın dalga tanımıyla çeliştiği için başlangıçta bu fikre pek sıcak bakılmamıştır. Ancak yapılan deneyler, Einstein'ın ışık taneciği fikrini desteklemiştir. Bir ışık demetinde enerji taşıyan küçük enerji paketlerine foton denir.

Fotonların özellikleri

- Işık hızıyla hareket eder.
- Kütleleri ve durgun enerjileri yoktur.
- Frekans veya dalga boylarına bağlı olarak enerji ve momentuma sahiptir.
- Soğurulduğunda yok olur.
- Kütlesi olmamasına rağmen madde ile etkileşime girebilir.
- Hiçbir sistemde durgun halde bulunamaz.
- Elektrikçe yüksüz oldukları için elektrik ve manyetik alandan etkilenmez.

h Planck sabiti olmak üzere bir foton $E = h \cdot f$ ile verilen E enerjisine sahiptir. c ışık hızı olmak üzere frekans, dalga boyu ve hız arasında

$f = \frac{C}{\lambda}$ eşitliği vardır.

Fotonun enerjisi,

$E = h \cdot f = h \cdot \frac{C}{\lambda}$ ile bulunur.

Fotoelektrik olayda maddenin yüzeyinden yayılan elektronlara fotoelektron adı verilir. Fotoelektrik olayda foton bir parçacık olarak bir başka parçacıkla (elektronla) etkileşir.

Fotonun yüzeyden elektron sökebilmesi için gerekli olan en küçük enerji değerine o levhanın bağlanma (eşik) enerjisi denir. E_0 ile simgelenir. Eşik enerjisi metalin cinsine bağlıdır.

Fotoelektrik denklemi

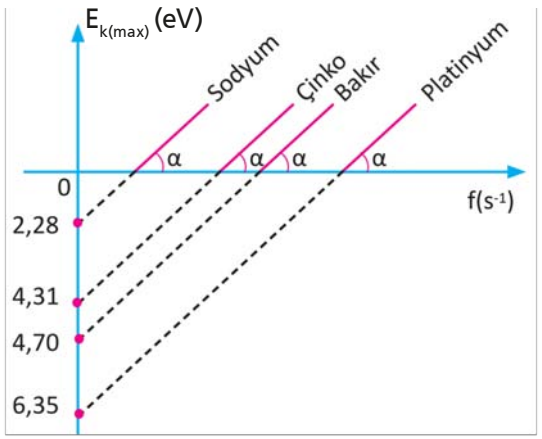
$$E_{foton} = E_{bağlanma} + E_{K(max)}$$

ile bulunur. Metal üzerine gönderilen bir fotonun bu metalden elektron sökebilmek için sahip olması gereken minimum frekans değerine eşik frekansı (f_0) bu frekansa ait minimum dalga boyuna ise eşik dalga boyu (λ_0) denir. Sadece metalin cinsine bağlıdır.

$$E_0 = h \cdot f_0 = h \cdot \frac{C}{\lambda_0}$$

Elektronların yüzeyi terk ettikleri anda sahip oldukları kinetik enerjiye maksimum kinetik enerji denir. Yapılan çalışmalarda metalden kopan elektronların kinetik enerjisi metal yüzeye düşürülen ışığın şiddetine (foton sayısına) bağlı değildir. Işığın frekansına ya da dalga boyuna bağlıdır.

Grafik incelendiğinde farklı metaller için çizilen tüm doğruların birbirine paralel olduğu görülür. Bunun sebebi tüm doğruların eğiminin h Planck sabitini vermesidir. Ayrıca grafiklerin enerji eksenini kestiği değerler, o metalin bağlanma enerjisini, frekans eksenini kestiği tüm değerler ise eşik frekanslarını gösterir.



Farklı metaller için fotoelektronların maksimum kinetix enerji ve frekans grafiği

1919 yılında Einstein, ışık fotonlarının doğrusal bir momentuma sahip olduğunu ileri sürmüş, fotonların atom ile etkileşimlerinde soğurulmalar veya yayınlanmalar olabilmesi için atoma enerji ve momentum aktarılması gerektiğini söylemiştir.

Einstein, enerjisi Ef = h · f olan bir fotonun momentumu için

P= Ef /c P = (h · f)/c

bağıntılarını ileri sürmüştür.

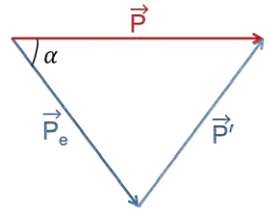
Arthur Holly Compton fotonların hem enerji hem de momentum taşıdığı fikrini destekleyen bir deney yapar. Compton, bir karbon hedefe X-ışınları gönderir. Elektrona çarpıp saçılan X-ışınlarının şiddetini ve dalga boyunu ölçerek saçılmanın klasik dalga teorisi ile açıklanamayacağını gösteren önemli sonuçlara ulaşır.

Bir elektrona gönderilen enerjisi E, frekansı f ve dalga boyu λ olan X-ışını fotonu bu çarpışma sırasında bir parçacık gibi davranarak elektronun saçılmasını sağlar.

Foton ve elektronun çarpışması, merkezi olmayan esnek çarpışma şeklinde gerçekleşir.

Momentumun korunumu yasası gereği, gelen fotonun momentumu (P), saçılan fotonun momentumu (P') ile saçılan elektronun momentumunun (Pe) vektörel toplamına eşittir.

$\vec{P} = \vec{P'} + \vec{P_e}$



Enerjinin korunumu yasasından,
gelen fotonun enerjisi (Ef)
saçılan fotonun enerjsi (Ef')
saçılan elektronun kinetik enerjisi (Ee) ise

$$E_f = E_f' + E_e$$

Gelen fotonun enerjisi saçılan fotonun enerjisinden büyüktür.

$E_f > E_f'$

Fotonların enerjileri frekansları ile doğru orantılı olduğundan gelen fotonun frekansı (f) saçılan fotonun frekansından (f') daha büyük olur.

Compton saçılması sırasında fotonun dalga boyu ve frekansı değişse de aynı ortamda ilerleyen fotonların hızlarının büyüklükleri eşit olduğundan gelen ve saçılan fotonların hızlarının büyüklükleri de eşit olur.

Elektronun hızı ise fotonların hızından daha küçüktür.

Compton Saçılmasında;

- Foton soğurulmaz.
- Gelen foton, saçılan foton ve elektron aynı düzlemdedir.
- Fotonun çarpışmadan önceki ve sonraki hızı (c) aynıdır. Foton ışık hızıyla hareketine devam eder.
- Çarpışmadan sonra fotonun enerjisi ve frekansı azalır
(E>E' ve f >f').
- Saçılan fotonun dalga boyu gelen fotonun dalga boyundan büyüktür (λ < λ').
- Çarpışma esnek olduğundan enerji korunur. Çarpışmadan önceki enerji çarpışmadan sonraki enerjiye eşittir.

Momentum korunur. Gelen fotonun momentumu (P), çarpışmadan sonra saçılan fotonun momentumu (P') ile saçılan elektronun momentumunun (Pe) vektörel toplamına eşittir. Işığın tanecikli yapısını destekler.

Compton ve Fotoelektrik Olaylarının Benzer Yönleri: Aynı durum metal yüzeyinden koparılan fotoelektronların maksimum kinetik enerjileri için de geçerlidir. Işık şiddeti artırıldığında yüzeye düşen foton sayısı artar, buna bağlı olarak yüzeyi terk eden fotoelektronların sayısı da artar. Ancak fotoelektronların maksimum kinetik enerjilerinde bir değişiklik olmaz.

Fotoelektrik olayında dalga doğasının açıklayamadığı bir nokta da fotoelektronların metalden ayrılma sürecidir. Fotoelektrik olayı gibi Compton olayı da ışığın dalga doğası tarafından açıklanamamıştır. Compton olayında klasik fizik tarafından açıklanamayan bir diğer nokta da saçılan elektronların gelen fotonların doğrultusunda olmayıp bu doğrultu ile belli bir açı yapmasıdır. Fotoelektrik olayında da Compton olayında da ışık dalga olarak değil tanecik olarak davranmıştır.

Newton, ışığın tanecik yapısını kullanarak kırılma ve yansıma olaylarını açıklamıştır. Christian Huygens, ışığın dalga teorisinin yansıma ve kırılma olaylarını da açıkladığını kanıtlamış ancak bu görüş destek görmemiştir. Thomas Young, girişim deneyini yaparak ışığın dalga doğasını açıkça ortaya koymuştur. Einstein, ortaya koyduğu teoriyle ışığın foton adı verilen enerji paketlerinden oluştuğunu belirtmiştir.

Bu durumlar ışığın ikili doğaya sahip olduğunu gösterir. Işık bazı olaylarda tanecik gibi davranırken bazı olaylarda dalga yapısına sahiptir.

Madde ve Dalga Arasındaki İlişki: Louis de Broglie, 1923 yılında doktora tezinde fotonların hem parçacık hem de dalga doğasına sahip oldukları gibi maddenin her türlü hâlinin de iki özelliğe sahip olabileceğini belirtmiştir.

Broglie'ye göre elektronlar da ışık gibi ikili parçacık-dalga yapısına sahiptir. Hareket eden her elektrona bir dalga eşlik eder. Parçacıklara eşlik eden dalgalara madde dalgası denir.

Momentumu P olan maddesel parçacıkların dalga boyu Broglie tarafından

$\lambda = \frac{h}{P}$ şeklinde ifade edilmiştir.

Kütlesi m, hızı ϑ olan parçacığın momentumunun büyüklüğü $P = m.\vartheta$ olduğundan Broglie dalga boyu: $\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{m.\vartheta}$

ÖRNEK SORULAR:

1. Aşağıdaki ışık olaylarının hangisinde foton enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır?
A) Kırılma B) Girişim C) Kırınım
D) Compton olayı E) Fotoelektrik olay

2. Işık ile ilgili,
I. doğrusal yolla yayılma
II. soğurulma
III. tanecikli özellik gösterme
özelliklerden hangileri fotoelektrik olay ve Compton saçılmasının ortak özelliklerindendir?
A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II
D) II ve III E) I ve III

CEVAP ANAHTARI: 1) D, 2) E