

9 Mart Perşembe, saat 16.00'da teslim edilecek

1. **Fotoelektrik etkide zaman gecikmesi** (15 puan)

($\lambda=121\text{nm}$) lik bir morötesi ışık demetinin şiddeti 10 nW /cm^2 ve kesit alanı $A=1\text{cm}^2$ olacak şekilde aniden açılıp bir metal yüzeye düşmektedir, sonuçta fotoelektrik etkiyle elektronlar fırlatılmaktadır. Metalin iş fonksiyonu 5 eV dir. Işın demetinin metal yüzeye düşmesinden ne kadar sonra fotoelektrik yayılımın meydana gelmesini bekleyebiliriz?

(a) (5 puan) Klasik olarak, birisi bunu metalin iş fonksiyonunu bir atomun (yarıçap 1 \AA) alanı üzerine birikmesi için geçen süre gibi tahmin edebilir. Bunun ne kadar sürebileceğini, ışın demetinin enerjisinin kesit alanına düzgün olarak dağıtıldığını kabul ederek, hesaplayınız.

(b) (5puan) (a)'da yapılan tahminin çok kötümser olduğu gerçektir. Bir atom, $\sigma_{\text{etk}}=(3/2\pi)\lambda^2$ etkin kesit alanını rezonansa gelmiş ışığın soğurumunda temsil edebilir. Bu temele dayanarak klasik bir zaman gecikmesini hesaplayın

(c) (5puan) Kuantum gösteriminde, fotoelektrik yayılımın ilk fotonun yayıcı yüzeye çarpar çarpmaz başlaması olasıdır. Ancak, klasik tahminlerle kıyaslanır bir zaman elde etmek için, ardışık fotonların gelişleri arasındaki ortalama zaman aralığını hesaplayınız. Bu aynı zamanda ışın demetinin açılması ve ilk foto elektronu gözlemlene arasındaki ortalama zaman gecikmesi olabilir. Yukarıda verilen nicelikler cinsinden klasik zaman gecikmesinin kuantum karşıtına oranını ifade ediniz.

2. **Elektronlarla fotonların etkilenmesi** (20 puan)

a) (10 puan) Dalga boyu 350nm olan morötesi ışık bir potasyum yüzeyine düşüyor. Fotoelektronların maksimum enerjisi $1,6\text{eV}$ dir. Potasyumun iş fonksiyonu nedir? Hangi dalga boyunun üstünde hiçbir fotoemisyon gözlemlenemeyecektir?

b) (10 puan) Durgun elektronlarla saçınmış bir x-ışınları demeti vardır. Işın demeti ile 60° lik açı yapacak şekilde saçınmış olan x-ışınlarının dalga boyu $0,035\text{\AA}$ ise, x-ışınlarının dalga boyu nedir?

3. **Momentum kayması ve konumsal dalga fonksiyonu** (10 puan)

Foton saçınmasıyla çift-yarık deneyini tartıştığımız zaman, elektronun bir fotonu saçındırırken momentumun korunumundan ileri gelen elektron dalga fonksiyonu değişiminin nasıl oluştuğunu daha önce öğrenmiştik. Kullandığımız bağlantıyı ispatlayınız, yani, aşağıdakini gösteriniz: Bir parçacığın momentumu verilen bir $p_0 = \hbar k_0$ ile değiştirilse, $\phi(p) \rightarrow \tilde{\phi}(p) = \phi(p - \hbar k_0)$ olup, bu takdirde konumsal dalga fonksiyonu konuma bağlı bir faz faktörüne sahip olur, $\psi(x) \rightarrow \tilde{\psi}(x) = \exp(ik_0x)\psi(x)$.

MASSACHUSETTS TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

Bahar 2006
Ödev No.4

Fizik 8.04

Vuletic
Sayfa 2(3)

9 Mart Perşembe, saat 16.00'da teslim edilecek

4. Elektronların çift-yarıktaki girişimi (15 puan)

French&Taylor 2.10.

- (5puan) bir d aralığı ile ayrılmış olan bir yarığa p momentumlu elektronlar dik olarak düşmektedir. Bu yarıklardan bir D uzaklığındaki bir ekranda teşkil edilen girişim desenin komşu maksimumları arasındaki uzaklık nedir?
- (5puan) Joensson tarafından yapılan gerçek deneyde elektronlar 50 kV'lik gerilim altında ivmelendiriliyor, yarık aralığı $2\mu\text{m}$ ve $D= 35\text{cm}$ dir. λ ve saçak aralığını hesaplayınız. Bir elektron mikroskobu kullanarak daha sonra bir büyültmenin gerekli olduğunu daha sonra takdir edeceksiniz.

5. Heisenberg belirsizliği ile izinli bir minimum enerji yapısı olarak hidrojen atomunun taban durumu (20 puan)

French&Taylor'dan değiştirilerek alınmış, problem 2-16.

Basit fakat karmaşık olan iddiaya göre, hidrojen atomu gözlemlenmiş büyüklüğüne sahiptir zira bu ebat sistemin toplam enerjisinin minimumlaştırır. Bu iddia bir elektronun dalga boyu ile kıyaslanır fiziksel bir ebada karşı gelen en düşük enerji durumunun kabullenilmesine dayanmaktadır. Büyük ebat daha büyük deBroglie dalga boyu demektir, böylece daha küçük momentum ve kinetik enerji demektir. Bunun aksine daha küçük ebat daha düşük potansiyel enerjidir, zira potansiyel kuyusu protona yakın yerlerde en derin olur. Gözlemlenen ebat, sistemin toplam kinetik enerjisi minimumlaştıran kinetik ve potansiyel enerjiler arasında bir uzlaşdır. Bu iddiaya açıkça geliştiriniz, örneğin aşağıdaki gibi:

- (5puan) Elektronun momentumu p olmak üzere r yarı çaplı bir çembersel yörüngeli hidrojen atomunun toplam enerjisi için klasik bir bağıntı yazınız. Kinetik ve potansiyel enerjileri ayrı tutunuz.
- (5puan) *Klasik enerji minimumlaştırılmasının başarısızlığı*. Kuvvet kuralını kullanarak toplam enerjii, yarıçapın bir fonksiyonu olarak elde ediniz. Olası en düşük enerjiye hangi yarıçap karşı gelir ?
- (5puan) En düşük enerji durumu için, yörünge çevresinin bir deBroglie dalga boyu olacağını talep ediniz. Toplam enerji için yarıçapın bir fonksiyonu olan bağıntı elde ediniz. Daha büyük bir yarı çapı kinetik enerjiiyi azaltıp, potansiyel enerjiiyi ise nasıl arttıracacağını, diğer yandan küçük bir yarıçapın kinetik enerjiiyi artırıp, potansiyel enerjiiyi ise azaltacağına dikkat ediniz.
- (5puan) Yarıçap fonksiyonuna karşı enerjinin türevini alınız ve toplam enerjiiyi minimuma eden yarıçapı bulunuz. Bir hidrojen atomu için yarıçapı ne kadar büyüklüktedir? Aynıısı tek elektronlu bir He^+ iyonu için nedir?

6. **Rutherford saçınımı** (20puan)

- a) (10puan) Kinetik enerjisi $E=5,30$ MeV ve şiddeti 10^3 parçacık/s olan bir α -parçacıkları demeti; kalınlığı 150nm, atom ağırlığı 197 ve yoğunluğu $19,3 \times 10^4$ kgm^{-3} olan bir altın folyo üzerine dik olarak düşmektedir. $1,0$ cm^2 alanlı bir α -parçacığı tarayıcısı folyodan 10 cm lik bir uzaklığa konulmuştur. θ saçındırma açısı olsun. Rutherford saçınımı için diferansiyel kesit alanı

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{Z^2 q^4}{64\pi^2 \epsilon_0^2 E^2} \frac{1}{\sin^4(\theta/2)}$$

bağıntısını kullanarak, $\theta = \pi/10$ ve $\theta = \pi/4$ için dakikadaki sayımların sayısını bulunuz. Altın çekirdeğinin yükü 79 q (yani, $Z=79$) olup , burada q ise elementer yüküdür. Sayma hızını ölçmek suretiyle, Z çekirdek yükünün değerini tayin edebiliriz.

- b) (10puan) 5,3 MeV'lik α - parçacıklarının altın folyodan saçınım hızını Rutherford kesit alanı doğru olarak tahmin etmesine rağmen, 32 MeV'lik α - parçacıklarının ($\theta-\pi$) geniş açıları boyunca saçınmalarında ciddi farklılıklar meydana gelir. Rutherford bağıntısının doğru olması için , α -parçacığı çekirdeği delip geçmemelidir. Çekirdeğin ebadının yaklaşık bir göstergesi olarak, 32 MeV'lik bir α - parçacığının bir altın çekirdeği ($Z=79$) ile kafa kafaya çarpışmasında en kısa yaklaşımını hesaplayınız. Altın çekirdeğinin geri tepmesini ihmal ediniz. Bu hesaplamada altın çekirdeğini çepe çevre saran elektronları niçin ihmal ettiğinizi kısaca açıklayınız.