

# MASSACHUSETTS TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

Bahar 2006  
Ödev No.1

Fizik 8.04

Vuletic  
Sayfa 1(2)

16 Şubat Perşembe, saat 16.00'da teslim edilecek

Sadece cevapların sonucu değil, türetim ve bağıntıların verilmesi daima gereklidir.

## 1. Foton Enerji Ölçeği I (25 puan)

Kuantum mekaniğe göre frekansı  $\nu$  olan elektromanyetik ışıma enerjisine  $h\nu$  enerjili fotonlardan oluşmuştur gibi bakılabilir ki burada  $h=6,62\times 10^{-34}$  Js Planck sabitidir.

- Görünür fotonların (400 – 700 nm) frekans aralığı nedir? Görünür fotonların enerji aralığı nedir? (hem J hem de eV cinsinden)
- Alçak güçlü (1 mW) bir He-Ne lazeri ( $\lambda=633$ nm) saniyede ne kadar foton yayar? Bir cep telefonu 850 MHz' de 0,4 W'lık bir ışıma yapar. Bir mikrodalga fırın ise 2,45 GHz' de 750 W'lık bir mikrodalga gücü üretir. Bu fırın bir cam bardak suyun sıcaklığını  $10^{\circ}\text{C}$  arttırmak için ne kadar fotonu yukarıda adı geçen frekansta soğurabilir? (0,2l, ısı sığası  $4,18 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )
- Bir elektro manyetik dalganın verilen gücünde, radyo frekansları veya x-ışınları için klasik bir betimlemenin hangisinin daha iyi olacağını bekleyebilirsiniz? Niçin? Kısa bir lazer darbesi üreten He-Ne lazeriniz varsa hangi darbe enerjisinde kuantum etkilerinin önemli olacağını beklersiniz?
- Karanlığa uyumlu bir insan gözü (şahıs karanlıkta 30 dak. bulunmuştur)  $510 \text{ nm}$ 'de  $6\times 10^{-14}$  W'lık bir 1 ms süreli flaşları görebilir. Gelen ışığın % 10' nun retinaya ulaştığını kabul ederek sinyali üreten ne kadar fotonun bu sınama şahsının ışık flaşını görmesini sağlayacaktır? (Gerçekten göz hücreleri tekil fotonlara karşı hassas olup insan beyni sinyali süzer.)

## 2. Foton Enerji Ölçeği II (20 puan)

- Isıl enerji ölçeği  $k_B T$  olup, burada  $k_B=1,38\times 10^{-23}$  J/K Boltzmann sabitidir, ve T ise mutlak sıcaklık derecesidir. Oda sıcaklığı ( $20^{\circ}\text{C}$ ) hangi enerjiye karşı gelir? Böyle enerjili fotonların dalga boyu ve frekansı ne olabilirdi? Sıcak bir cismin  $1000^{\circ}\text{C}$  civarında ısınmaya başlaması sizce makul müdür?
- Birinci büyüklükte bir yıldız yeryüzünde ölçüldüğünde  $1,6\times 10^{-10}$  W/m<sup>2</sup>'lik bir ışık akısı yayar ki bunun ortalama dalga boyu 560 nmdir. Bir kimsenin göz bebeğinden saniyede ne kadar sayıda foton geçer?
- Gelen fotonları elektron-delik çiftlerine dönüştüren bir aygıt fotodiyot olup, ışık gücünü ölçer. Ölçülen elektrik akımı gelen ışığın gücüyle orantılıdır. *Kuantum verimi*, gelen bir fotonun bir elektron-delik çifti üretme olasılığı olarak tanımlanmıştır. Tipik bir fotodiyot 850 nm dalga boylu kızılötesi ışığa karşı 0,5 A/W' lik bir cevaba sahiptir. Bu aygıtın kuantum verimi nedir? Eğer kuantum verimi frekanstan bağımsız ise 400 nm'deki mavi ışık için aygıtın cevap davranışını ne beklersiniz?

# MASSACHUSETTS TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ

Bahar 2006  
Ödev No.1

Fizik 8.04

Vuletic  
Sayfa 2(2)

16 Şubat Perşembe, saat 16.00'da teslim edilecek

### 3. Kırınım (20 puan)

Uzaktaki bir kaynaktan 510 nm'lik görünür ışık, 2µm aralıklı bir yarığa düşmektedir. 10 m uzaklıkta teşkil olan kırınım deseninin genişliğini tahmin ediniz (yani, yarığın aynı fazda titreşen yayıcıların bir topluluğu gibi davrandığını kabul ediniz).

### 4. Klasik bir atomun ışımali çöküşü (35 puan)

Klasik atomun bir kararlılık sorunu vardır. Hidrojen atomunu proton etrafında çembersel bir yörüngede dolanan bir elektron gibi modelleriz. Rölativistik olmayan ivmeli bir elektrik yükünün Larmor bağıntısı:  $\frac{dE}{dt} = -\frac{2}{3} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{a^2}{c^3}$  ile verilen bir hızla enerji ışıdığını biliyoruz ki burada  $q$  elektrik yükü ve  $a$  ise ivmenin büyüklüğüdür. Buna göre

- Elektronun her dolanımında enerji kaybının elektronun kinetik enerjisine kıyasla küçük olduğunu gösteriniz. Böylelikle, elektron en sonunda proton üzerine doğru spiral bir düşme yapsa bile, elektron yörüngesinin çembersel bir yörünge olduğu gibi kabullenmek mükemmel bir yaklaşımdır.
- Atomun (1 Å) ve çekirdeğin ( $10^{-5}$  Å) tipik boyutunu kullanarak, elektronun proton üzerine spiral bir düşmesinin ne kadar süre alacağını hesaplayınız (Bu uyarılmış bir atomun bir foton yayması için doğru olan quantum mekaniksel zaman ölçeğidir.) Bu zaman ölçeğini kullanarak durgun bir atomun çizgi genişliğini (yayılan ışımının frekans aralığı) tahmin ediniz.
- Elektron hızını (yörünge için 0,5 Å kabul ederek) ışık hızıyla kıyaslayınız.
- Yörünge için 0,5 Å'lük bir yarıçapı kabul ederek, elektronun açısal momentumunu hesaplayınız. Açısal momentumla aynı birimlere sahip olan temel nicelik nedir? Bulduğunuz sonucu bu nicelikle nasıl kıyaslayabilirsiniz?