

Modern Fizik

Vize

Soru 1. π Mezonu Ömrü

Bir π mezonunun ortalama ömrü, kendi referans çerçevesinde $2.6 \cdot 10^{-8}$'s'dir. Eğer mezon $0.95c$ 'lik bir hızla hareket ederse, (a) yerdeki bir gözlemci tarafından ölçülen ortalama ömrü ve (b) yerdeki bir gözlemci tarafından ölçüldüğünde, bozunmadan önce gittiği ortalama yol nedir.

Çözüm:

π mezonları çekirdek içerisinde nükleonlar arasındaki etkileşimi sağlayan $139.6 \text{ MeV}/c^2$ durgun kütleli aracı parçacıklardır. Yukavo tarafından Heisenberg belirsizlik ilkesinden hareketle nükleonlar arası nükleer kuvvet aracı parçacıkları olarak bu parçacıkları önerdi. Standart modele göre bu parçacıklar nükleonlardan oluşmamaktadır ve enerji korunumunu ihlal etmektedir fakat enerjisi belirsizlik boyutları içerisinde kaldığı için enerji korunmadı diyemiyoruz. Belki bu parçacıkların yaratılması için enerjisi vakum veya uzay enerjisi dediğimiz ortamdan sağlanmaktadır veya biraz daha ileri gidersek bu ortamdaki dalgalanmanın rezonansı diyebiliriz. İlk deneysel bulgular ise kozmik ışınların atmosferdeki nükleonlarla etkileşimi sonucu gözlemlenmiştir. Atmosferin üst tabakasında oluşan enerjik ($0.95c$ hızlı) π mezonları kendi referans sistemlerinde $\tau = 2.6 \cdot 10^{-8}$'s'lik ömre sahipken yerdeki gözlemci için ise özel görecelik kuramının sonucu olan ışık hızıyla kıyaslanabilir hızlarda hareket eden parçacık için zamanda genleşmeyi dikkate almak gerekir. O halde yerdeki gözlemci için π mezonunun ortalama ömrü

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1-(u/c)^2}} = \frac{2.6 \times 10^{-8}}{\sqrt{1-0.95^2}} = 3.2 \times 2.6 \times 10^{-8} = 8.3 \times 10^{-8} \text{ s} = 83 \text{ ns}$$

ile verilecektir. Diğer bir deyişle kendi referans sistemindeki ömrünün 3.2 kat fazla ömre sahip olacaktır. O halde bu ömürle bozunmadan alacağı yol

$$s = vt = 0.95(3 \times 10^8)(8.3 \times 10^{-8}) = 23.7 \text{ m}$$

olacaktır. Diğer taraftan π mezonu bozunana kadar kendi referans sisteminde alacağı yol

$$s' = s\sqrt{1-(u/c)^2} = 23.7\sqrt{1-0.95^2} = 7.4 \text{ m}$$

olacaktır.

Soru 2. Göreli Hız

Kütlesi m ve momentumu p olan bir cismin hızının

$$u = \frac{c}{\sqrt{1+(mc/p)^2}}$$

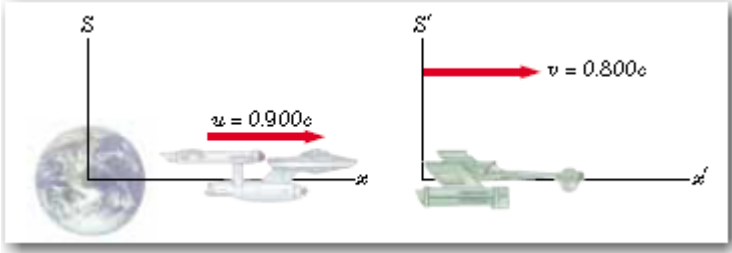
ile verileceğini gösteriniz.

Çözüm:

$$p = \frac{mu}{\sqrt{1-(u/c)^2}} \Rightarrow 1 - \frac{u^2}{c^2} = \frac{m^2 u^2}{p^2} \Rightarrow \frac{u^2}{c^2} \left(\frac{m^2 c^2}{p^2} + 1 \right) = 1 \Rightarrow u = \frac{c}{\sqrt{1+(mc/p)^2}}$$

Soru 3. Lorentz Hız Dönüşümü

Bir Klingon uzay gemisi yerden $0.8c$ 'lik bir hızla uzaklaşıyor. Yıldız gemisi Enterprise onu yere göre $0.9c$ 'lik bir hızla takip ediyor. Yerdeki gözlemciler Enterprise'ın Klingon gemisine $0.1c$ 'lik bağlı hızla yaklaştığını görüyorlar. Enterprise'ın mürettebatı, Enterprise'ın Klingon gemisine hangi hızla yaklaştığını görürler.



Çözüm:

u_x : Enterprise'ın hızı; v : Klingon'ın hızı

Lorentz hız dönüşüm denklemlerini kullanarak

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - u_x v / c^2} = \frac{0.9c - 0.8c}{1 - 0.9 \times 0.8} = 0.357c$$

Soru 4. Bohr Atomu

Bir hidrojen atomu için dört olası geçiş aşağıda verilmiştir.

a. $n_i = 2 \rightarrow n_s = 5$

b. $n_i = 5 \rightarrow n_s = 3$

c. $n_i = 7 \rightarrow n_s = 3$

d. $n_i = 4 \rightarrow n_s = 7$

(a) Hangi geçiş en kısa dalga boylu fotonu yayınlacaktır? Değerini bulunuz.

(b) Atom en büyük enerjiyi hangi geçiş için kazanacaktır. Değerini bulunuz.

Çözüm:

Foton yayınlacağı için başlangıç kuantum sayısı son durumdaki kuantum sayısından b ve c şıkları gibi büyük olmalıdır. En kısa dalga boyu c şığında verildiği gibi $n_i = 7$ 'den $n_s = 3$ 'ye geçişte en büyük enerji farkıyla oluşur. Değeri ise

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_s^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) = 1.097 \times 10^7 m^{-1} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{7^2} \right) = 1.097 \times 10^7 \frac{40}{49 \times 9}$$

$$\lambda = 10.05 \times 10^{-7} m = 1.005 \mu m$$

bulunur.

Atomun enerji kazancı foton soğurarak a ve d şıklarındaki gibi iç yörüngelerden dış yörüngelere atlaması ile olur. Bunlardan en büyük enerji kazancı ise a şıkkındaki geçişte olur. Hidrojen atomunda herhangi bir enerji seviyesinde bağlanma enerjisi

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

ile verilir. Maksimum enerji kazancı $n_i = 2$ 'den $n_s = 5$ 'ye geçişte olur ve değeri

$$\Delta E = E_5 - E_2 = \left(-\frac{1}{25} + \frac{1}{4} \right) 13.6 eV = 2.856 eV$$

elde edilir.

Soru 5. Compton Olayı

Bir foton durgun bir elektronla etkileşmekte ve saçılan foton gelen foton doğrultusuna göre 17.4 açı yapmaktadır. Geri tepen elektronun hızı $2.18 \cdot 10^6 m/s$ ise gelen ve saçılan fotonun dalga boyu nedir. SGeri tepen elektronun geri tepme açısı ϕ nedir?

Çözüm:

Elektronun kinetik enerjisi

$$K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (9.1 \times 10^{-31} kg) (2.18 \times 10^6 m/s)^2 = 2.16 \times 10^{-18} J \quad (1.1)$$

Bu enerji gelen fotonun enerji kaybıdır veya saçılan fotonla enerji farkıdır.

$$K = hf_0 - hf' = \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda'} = 2.16 \times 10^{-18} J \quad (1.2)$$

$$\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda'} = \frac{2.16 \times 10^{-18} J}{(6.63 \times 10^{-34} J \cdot s)(3 \times 10^8 m/s)} = 1.09 \times 10^7 m^{-1}$$

Diğer taraftan saçılma açısı cinsinden Compton dalga boyu sapması

$$\lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \quad (1.3)$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} J \cdot s}{(9.11 \times 10^{-31} kg)(3 \times 10^8 m/s)} (1 - \cos 17.4^\circ) = 1.11 \times 10^{-13} m$$

elde edilir. (1.3)'den λ' (1.2)'de yerine konulursa

$$\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_0 + 0.111 pm} = \frac{0.111 pm}{\lambda_0 (\lambda_0 + 0.111 pm)} = 1.09 \times 10^7 m^{-1} \quad (1.4)$$

$$1.09 \times 10^7 \lambda_0^2 + 1.21 \times 10^{-6} \lambda_0 - 1.11 \times 10^{-13} = 0 \quad (1.5)$$

$$\lambda_0 = \frac{-1.21 \times 10^{-6} + \sqrt{(1.21 \times 10^{-6})^2 - 4 \times 1.09 \times 10^7 \times (-1.11 \times 10^{-13})}}{2 \times 1.09 \times 10^7} \quad (1.6)$$

$$= 1.01 \times 10^{-10}$$

gelen fotonun dalga boyu bulunur. Buradan saçılan fotonun dalga boyu (1.3)'den

$$\lambda' = \lambda_0 + 1.11 \times 10^{-13} \text{ m} = 1.01 \times 10^{-10} + 1.11 \times 10^{-13} = 1.011 \times 10^{-10} \text{ m} \quad (1.7)$$

elde edilir.

Geri tepen elektronun gelen foton doğrultusuyla yapmış olduğu açı (ϕ) ise momentumun korunumunun enine (transverse) bileşeninden

$$0 = \frac{h}{\lambda'} \sin \theta - \gamma m_e v \sin \phi \Rightarrow \sin \phi = \frac{h}{\gamma m_e v \lambda'} \sin \theta \quad (1.8)$$

elde edilir. Sayısal değerler yerine konulursa

$$\sin \phi = \frac{h}{\gamma m_e v \lambda'} \sin \theta = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) \sin 17.4^\circ}{1.0037 (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) (2.18 \times 10^6 \text{ m/s}) (1.011 \times 10^{-10} \text{ m})} \quad (1.9)$$

$$\sin \phi = 0.985 \Rightarrow \phi = 81.1^\circ$$

geri tepme açısı elde edilir. Burada $\gamma = (1 - 2.18 \times 10^6 / 3 \times 10^8)^{-1/2} = 1.0037$ 'dir.