PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
Facultad de Física

FIZ0311

Prof. Jorge Alfaro S.
INTERROGACION 1 Viernes 17 de Abril de 2015

Problema 1.

El universo está lleno de radiación térmica(CMB) que tiene el espectro de un cuerpo negro a 2,7 K.

a) ¿Cuál es la energía en eV de un cuanto con la longitud de onda del máximo de la radiación emitida?

b) Un protón de energía E viaja hacia la Tierra desde una fuente lejana. Cuál es el mínimo valor de E en eV necesario para que un fotón del CMB cree un pión al chocar con el protón?

La masa en reposo del pión es $m_\pi = 140\,\text{Mev}$. La masa en reposo del protón es $m_p = 938.2\text{Mev}$.

Sol:$\lambda_m T = 2.898\times 10^{-3} mK$, $(a)\,\lambda_m = \frac{2.898}{2.7}\times 10^{-3}m \sim 1.07\times 10^{-3}m$, $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6\times 10^{-34}\times 3\times 10^{8}}{1.07\times 10^{-3}\times 1.6\times 10^{-19}} = 1.16\times 10^{-3}\text{eV}$

(b) En el sistema en reposo del protón la longitud de onda del fotón del CMB es $\lambda' = \lambda\sqrt{\frac{1-\frac{u}{c}}{1+\frac{u}{c}}}$, con u la velocidad del protón.Para crear un mesón en reposo en el sistema en reposo del protón debe ser:

$$h\nu' = m_\pi c^2 = \frac{hc}{\lambda'} \qquad \lambda' = \frac{h}{m_\pi c}$$

$$\lambda\sqrt{\frac{1-\frac{u}{c}}{1+\frac{u}{c}}} = \frac{h}{m_\pi c},\quad \frac{1-\frac{u}{c}}{1+\frac{u}{c}} = \left(\frac{h}{m_\pi c\lambda}\right)^2 \quad 1-\frac{u}{c} = \left(\frac{h}{m_\pi c\lambda}\right)^2\left(1+\frac{u}{c}\right)$$

$$\frac{u}{c} = \frac{1-\left(\frac{h}{m_\pi c\lambda}\right)^2}{1+\left(\frac{h}{m_\pi c\lambda}\right)^2} = \frac{1-\left(\frac{h\nu}{m_\pi c^2}\right)^2}{1+\left(\frac{h\nu}{m_\pi c^2}\right)^2} \qquad \frac{h\nu}{m_\pi c^2} = \frac{1.16\times 10^{-3}\text{eV}}{140\times 10^{6}\text{eV}} = 0.83\times 10^{-11}$$

$$\frac{u}{c} = 1-2\left(\frac{h\nu}{m_\pi c^2}\right)^2$$

$$E = \frac{m_p c^2}{\sqrt{1-\left(\frac{u}{c}\right)^2}} = \frac{m_p c^2}{\sqrt{4\left(\frac{h\nu}{m_\pi c^2}\right)^2}} = \frac{m_p c^2}{2\left(\frac{h\nu}{m_\pi c^2}\right)} =$$

$$\frac{938.2\times 10^{6}\text{eV}}{2\times 0.83\times 10^{-11}} = \qquad 5.65\times 10^{19}\text{eV}$$

Problema 2.

La estrella Proxima Centauri se encuentra a una distancia de $4,3\ A\,L$. Un astronauta dice que él puede llegar en 2 años desde la tierra hasta Proxima Centauri.

a) ¿Es esto posible? ¿Por qué?

b) ¿Con que velocidad tiene que viajar el astronauta?

c) ¿Cuánto tiempo demora el viaje visto desde la tierra?

Sol:

a) Sí, es posible, pues al estar en movimiento el espacio se contrae y permite que el astronauta logre su proposito.

b) Sea $v = L/t$ Donde L y t corresponden ,respectivamente, a la distancia y tiempo medidos desde la tierra.

Sabemos entonces que $L = 4,3\ c\ a\text{ñ}os$ y que $t = \gamma\, t_o$ siendo t_0 el tiempo propio del astronauta (2 años) .

Entonces simplemente reemplazamos $v = L/\gamma\, t_o$ y resolvemos para v encontrando:

$$v = \frac{L/t_0}{\sqrt{1 + L^2/c^2\, t_0^2}}$$

Reemplazando los valores del enunciado se obtiene $v = 0,9\, c$.

c) Para una observador desde la tierra, el reloj del astronauta corre más lento y por ende hay dilatación temporal. Luego el tiempo es: $t = \gamma\ t_0$ reemplazando el valor de v del inciso anterior se obtiene: $t = 4,59$años .

Problema 3.

I Las siguientes afirmaciones se refieren al efecto fotoeléctrico. Responda verdadero o falso y justifique brevemente (máximo 3 lineas) su respuesta. Respuestas sin justificación no serán consideradas:

a) Incide luz en un material y no se observa emisión de electrones. Para que ocurra emisión de electrones en el mismo material , basta que se aumente suficientemente la intensidad de la luz incidente. **Sol: F**

b) Incide luz en un material y no se observa emisión de electrones. Para que ocurra emisión de electrones en el mismo material , basta que se aumente suficientemente la frecuencia de la luz incidente. **Sol: V**

c) Cuando luz azul ($\lambda = 460 \ nm$) incide sobre una placa de Zinc ($W = 4,3 \ eV$) no se produce efecto fotoeléctrico, pero cuando se ilumina la placa con luz roja ($\lambda = 780 \ nm$) si se produce emisión de electrones. **Sol:F**

d) Una vez que ocurre el efecto fotoeléctrico, cuanto mayor sea la frecuencia de luz incidente, mayor será la energía cinetica de los electrones. **Sol : V**

II Esboce y explique el efecto Compton. ¿ Que consideraciones se deben tener para obtener el cambio en la longitud de onda: $\Delta \lambda = \lambda_c (1 - cos(\theta))$?

Sol: Efecto compton consiste en el cambio de la longitud de onda de un fotón cuando choca con un electrón libre, este cambio es tal que el fotón pierde energía. Para obtener la relación de cambio de la longitud de onda, simplemente se deben plantear las ecuaciones de conservación de energía y momentum.

Problema 4.

Una partícula de masa m se encuentra confinada a un núcleo, de manera que describe una orbita circular ya que se encuentra sujeta a una fuerza atractiva $f(r) = -k\,r$ con k una constante positiva.

a) Muestre que la energía potencial es $U = k\,r^2/2$ (asuma U(r) = 0 cuando r es 0).

b) Asumiendo cuantización de Bohr para el momentum angular de la partícula, muestre que el radio de la órbita descrita (r) y la velocidad de la particula (v) estan dados por:

$$v^2 = \left(\frac{n\,\hbar}{m}\right)\left(\frac{k}{m}\right)^{1/2}$$

$$r^2 = \left(\frac{n\,\hbar}{k}\right)\left(\frac{k}{m}\right)^{1/2}$$

Donde n es un entero.

c) Muestre que la energía de la partícula puede ser escrita como $E_n = n\,\hbar\left(\frac{k}{m}\right)^{1/2}$

d) Si $m = 3$ x 10^{-26} Kg y $k = 1180\ N m^{-1}$, determine la longitud de onda de un fotón (exprésela en nm) para que éste sea capaz de causar una transición entre dos niveles de energía sucesivos.

Sol:

a) $U(r) = -\int\ f(r)\,d\,r\ =\ k\,r^2/2$ (la CI mata la constante de integracion).

b) De la cuantizacion del momentum angular: $m\,v\,r = n\,\hbar$,además la fuerza atractiva y la fuerza centrípeta son iguales: $m\,v^2/r = k\,r$. Resolviendo estas dos ecuaciones se obtiene lo pedido.

c) $E = U + T = k\,r^2/2 + m\,v^2/2$ Reemplazando y simplificando se obtiene lo pedido.

d) $\Delta\ E = E_n - E_{n-1} = \hbar\ (k/m)^{1/2}$ Reemplazando se obtiene $\Delta\ E = 0,13$ eV. Luego usar $\Delta\ E = h\ c/\lambda$ de donde se obtiene λ=9, 546 nm.

Problema 5.

Un haz incidente de partículas α de energía cinética $K = 7Mev$ choca con una capa de Oro(Z=79) de grosor 2×10^{-6}m .Encontrar la fracción de partículas α dispersadas con $\theta \geqslant 90°$.

Para el Oro: $\rho = 19.3g/\text{cm}^3$,$N_A = 6.02 \times 10^{23}$átomos/mol(número de Avogadro),$M = 197$g/mol(masa molar del oro).

Sol:(a) $n = \frac{\rho N_A}{M} = 5.9 \times 10^{22}$átomos/cm^3

$b = \frac{\alpha}{m v_\infty^2}\text{cotan}\left(\frac{\theta}{2}\right)$,$\alpha = 2kZe^2$, $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$,$b = \frac{\alpha}{m v_\infty^2} = \frac{2kZe^2}{2K} = 1.63 \times 10^{-14}m$

$f = \pi b^2 t n = 9.8 \times 10^{-5}$

Algunas fórmulas:

$u(\nu,T)=\frac{8\,\pi}{c^3}\frac{h\,\nu^3}{e^{h\nu/kT}-1}$, $n=\frac{\rho N_A}{M}$, $b=\frac{2kZe^2}{mv_\infty^2}\mathrm{cotan}\left(\frac{\theta}{2}\right)$, $k=9\times10^9 Jm/C^2$, $e=1.6\times10^{-19}C$
$h=6.626\times10^{-34}Js$, $\lambda_m T=2.898\times10^{-3}mK$.

Tiempo: 2 horas