



2000-A3. Contesteu de manera breu, però raonadament, les cinc qüestions següents:
c) Compareu la longitud d'ona associada a un protó lliure, a un electró lliure i a un fotó lliure quan les tres partícules tenen el mateix moment lineal.

2000-C3.

c) Compareu la longitud d'ona associada a un protó lliure, a un electró lliure i a un fotó lliure que tinguin la mateixa energia cinètica.

2000-A3. Conteste de manera breve, pero razonadamente, las cinco cuestiones siguientes:

c) Compare la longitud de onda asociada a un protón libre, a un electrón libre y un fotón libre cuando las tres partículas tienen el mismo momento lineal.

2000-C3

c) Compare la longitud de onda asociada a un protón libre, a un electrón libre y un fotón libre que tengan la misma energía cinética.

La relación entre longitud de onda y momento lineal es $\lambda = \frac{h}{p}$

El protón y el electrón son partículas con masa, y la longitud de onda asociada es la longitud de onda de De Broglie.

El fotón se puede ver como una partícula sin masa o como una onda, siendo la longitud de onda la asociada a su visión como onda. $\lambda = \frac{c}{f}$

Si las tres partículas tienen el mismo momento lineal, las tres partículas tendrán la misma longitud de onda asociada.

Si las tres partículas tienen la misma energía cinética, se puede pensar en usar $E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}$, pero esa expresión es válida solamente cuando hay masa y cuando las velocidades no son relativistas, e incluso en el caso de que haya masa, igualdad de energía cinética no implica necesariamente igualdad de momento lineal. De manera general la energía cinética es la diferencia entre la energía relativista total y la masa en reposo. La energía total es $E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$

En el caso de los fotones que no tienen masa en reposo, así que la energía total es cinética $E = pc$

En el caso de una partícula con masa, $E_c = E - m_0 c^2$, y operando

$$p^2 c^2 + m_0^2 c^4 = E_c^2 + 2 E_c m_0 c^2 + m_0^2 c^4$$

$$p = \frac{\sqrt{E_c^2 + 2 E_c m_0 c^2}}{c}$$

Comparando entre protón y electrón, a igualdad de energía cinética, si la masa es de protón es mayor, el momento lineal será mayor, y eso hará que la longitud de onda asociada sea menor.

Comparando entre una partícula con masa y el fotón, a igualdad de energía cinética, como el fotón no tiene masa y $p = E/c$, el momento lineal de la partícula con masa será mayor, y su longitud de onda asociada será menor.

Aunque no se pide nada más, se puede comentar que implicaciones tiene en cuanto a velocidad.

En los fotones el momento lineal es $p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$, y tener cierto valor de momento lineal implica tener cierta frecuencia.

En las partículas con masa el momento lineal es $p = mv$, por lo que tener cierto momento lineal implica tener cierta masa (que puede ser "masa relativista") y velocidad.



Un electrón a 1% c tiene $p=9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 10^8=2,733 \cdot 10^{-24} \text{ kg m/s}$

Un fotón que tenga el mismo momento lineal tiene que tener una longitud de onda

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{2,733 \cdot 10^{-24}} = 2,4 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 0,24 \text{ nm} \text{ que queda fuera del espectro visible, serían rayos X}$$

Un protón a 1% c tiene $p=1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 10^8=5,01 \cdot 10^{-21} \text{ kg m/s}$

Un fotón que tenga el mismo momento lineal tiene que tener una longitud de onda

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{5,01 \cdot 10^{-21}} = 1,3 \cdot 10^{-13} \text{ m} \text{ que queda fuera del espectro visible, serían rayos gamma}$$