FÍSICA DE RADIACIONES I 2025
HOJA 4

1. Un electrón colisiona frontalmente contra un átomo de hidrógeno estacionario cuya energía en reposo es $m_p c^2$+$m_e c^2 = 938{,}783\ MeV$.

   a) Suponiendo una colisión elástica y régimen no relativista, determine la fracción de energía cinética incidente que se transfiere como energía cinética al átomo de hidrógeno.
   b) Determine la velocidad inicial mínima del electrón incidente suponiendo colisión inelástica, lo que se traduce en que el átomo de hidrógeno también recibe una energía característica del electrón E^*.
   c) Repita el apartado a en el caso relativista y grafique γ.

2. Una bola de billar de masa desconocida m_1 y velocidad v colisiona con otra bola de masa desconocida m_2 en reposo. Luego de la colisión m_1 tiene una velocidad de $0{,}5v$ y se desvía 90° con respecto a su dirección original.

   a) Determine la dirección de la bola m_2 luego de la colisión.
   b) Determine la relación m_1/m_2.
   c) Determine la velocidad de la bola incidente.
   d) Determine la fracción de energía transferida a la bola m_2.

3. En una colisión elástica frontal de dos partículas de masas m_1 y m_2, las velocidades se invierten en el sistema CM luego de la colisión, es decir, $u_{CM,1} = -v_{CM,1}$ y $u_{CM,2} = -v_{CM,2}$, donde v_{CM} y u_{CM} son las velocidades antes y después de la colisión, respectivamente.

   a) En el régimen no relativista, demuestre que estas son las velocidades de las partículas.
   b) Calcule la energía transferida máxima y el momento transferido máximo en dicha colisión.
   c) Repita el problema en el régimen relativista y discuta el caso ultrarrelativista y no relativista.

4. Una partícula α con una energía cinética de 5 MeV colisiona con un núcleo de ^{17}O. La partícula α se dispersa con un ángulo de 53,9° y el núcleo de oxígeno con un ángulo de 59,4°.

   a) Determine la relación entre las velocidades de la partícula α y el núcleo de ^{17}O luego de la colisión.
   b) Determine la relación entre las velocidades de la partícula α antes y después de la colisión.
   c) Determine la energía transferida y la fracción de energía transferida en estas condiciones.

d) Indique las condiciones para que la energía transferida sea máxima.

5. En una colisión frontal de un proyectil de masa m_1 contra un blanco de masa m_2 en reposo, la expresión general para la energía transferida máxima viene dada por:

$$\Delta E_{max} = \frac{2(\gamma + 1)m_{10}m_{20}}{m_{10}^2 + m_{20}^2 + 2\gamma m_{10}m_{20}} T_0$$

donde T_0 es la energía cinética del proyectil. Obtenga una expresión para ΔE_{max} en los siguientes casos:
   a) $\gamma \to 1$
   b) $\gamma \to \infty$
   c) $m_{10} \ll m_{20}$
   d) $m_{10} = m_{20}$ (proyectil y blanco distinguibles)
   e) $m_{10} = m_{20}$ (proyectil y blanco indistinguibles)
   f) $m_{10} \gg m_{20}$

6. Un haz de partículas α con una energía cinética de 0,5 MeV y una intensidad de $5 \cdot 10^5$ s^{-1} incide normalmente sobre una lámina de oro (ρ = 19,3 $g \cdot cm^{-3}$, A = 197 $g \cdot mol^{-1}$) de espesor ρd = 1,5 mg/cm^2. Halle el número de partículas α dispersadas por la lámina durante un intervalo de 30 min (a) en un intervalo angular de 59-61° y (b) para 60°.

7. Halle la sección eficaz efectiva de un núcleo de uranio que dispersa partículas α de energía 1,5 MeV para ángulos mayores a 60°.

8. La sección eficaz efectiva de un núcleo de oro que dispersa partículas α monoenergéticas entre 90° y 180° es igual a $\Delta\sigma = 0{,}50\ kb$.

   a) Halle la energía de las partículas α.
   b) Determine la sección eficaz diferencial de dispersión $d\sigma/d\Omega\ (kb/sr)$ para un ángulo de 60°.

9. Un haz de partículas α con una energía cinética de 6,5 MeV y una intensidad de $3{,}5 \cdot 10^6$ s^{-1} incide normalmente sobre una lámina de oro de $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ cm de espesor. Detrás de la lámina se coloca un contador con forma de anillo concéntricamente a la dirección del haz y a una distancia *R* = 5 cm desde el centro de la lámina. El radio del anillo interior es 7,5 mm y el del anillo exterior es 10 mm.

   a) Realice un esquema del experimento.
   b) Determine la intensidad de las partículas α que llegan al detector.

10. Un haz de partículas α con una energía cinética de 5,5 MeV y una intensidad de $2 \cdot 10^6$ s^{-1} incide normalmente sobre una lámina de oro de $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ cm de espesor. Detrás de la lámina se coloca un contador de área *S* = 1 cm^2 a una distancia *R* = 12 cm

desde el centro de la lámina. Determine el número de cuentas por hora medidas por el detector con su centro colocado a un ángulo de dispersión de (a) 15° y (b) 45°.

11. El factor de corrección nuclear de retroceso f_{recoil} corrige la sección eficaz de dispersión de Rutherford por efectos relativistas y cuánticos en los procesos de dispersión de electrones por núcleos. Se define como la relación entre la energía cinética del electrón dispersado T' y la energía cinética del electrón incidente T, y se puede expresar como

$$f_{recoil} = \frac{T'}{T} = \frac{1}{1 + \frac{T}{Mc^2}(1 - cos\theta)}$$

donde Mc^2 es la energía en reposo del núcleo blanco y θ es el ángulo de dispersión del electrón.

a) Deduzca esta expresión y estúdiela según los valores de T, Mc^2y θ.
b) Grafique en función de $\frac{T}{Mc^2}$ para $\theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}\ y\ \pi$.
c) A partir de la gráfica, determine el valor de f_{recoil} para hidrógeno, plata y oro para 10 MeV, 100 MeV y 1 GeV de energía cinética.

12. Se sabe que la reacción nuclear de Chadwick (descubrimiento del neutrón) ${}^{9}_{4}Be(\alpha, n){}^{12}_{6}C$ es exotérmica, es decir, que $Q = 5{,}4\ MeV > 0$. Esto implica que la reacción inversa ${}^{12}_{6}C(n, \alpha){}^{9}_{4}Be$ es endotérmica y $Q = -5{,}4\ MeV < 0$ y solo puede ocurrir si el neutrón incidente tiene una energía cinética que es igual o mayor que la energía cinética umbral T_{th}.

a) Derive la expresión general para la energía cinética umbral de una reacción nuclear endotérmica.
b) Determine la relación entre la energía cinética umbral y el *Q* de la reacción.
c) Obtenga la energía cinética umbral del neutrón para la reacción inversa de Chadwick.

13. Considere las siguientes reacciones nucleares:

- ${}^{13}_{6}C(d, t){}^{12}_{6}C$
- ${}^{14}_{6}C(p, n){}^{14}_{7}N$
- ${}^{14}_{7}N(n, \alpha){}^{11}_{5}B$

Para cada reacción determine:
a) El valor *Q*.
b) El tipo de reacción (endotérmica o exotérmica).
c) Energía cinética umbral de la partícula incidente.
d) La energía de la barrera de Coulomb.

14. Considere la difusión clásica de una partícula de masa m según la ley de fuerzas $F(r) = k/r^3$. Si la velocidad inicial de la partícula es u_0, demuestre que la sección eficaz diferencial de dispersión es

$$\sigma(\theta) = \frac{k\pi^2(\pi - \theta)}{mu_0^2\theta^2(2\pi - \theta)^2 sen\theta}$$

15. A partir de la aproximación de Born, determine la sección eficaz diferencial y total en una dispersión de baja energía de esfera blanda, cuyo potencial es

$$V(r) = \begin{cases} V_0, & r \leq a \\ 0, & r > a \end{cases}$$

16. Repita el problema anterior, pero para el potencial de Yukawa

$$V(r) = \beta \frac{e^{-\mu r}}{r}$$

donde β y μ son constantes.

17. Utilice la aproximación de Born para determinar la sección eficaz total de dispersión de un potencial gaussiano

$$V(r) = Ae^{-\mu r^2}$$

Exprese la respuesta en términos de las constantes A, μ y m (masa de la partícula incidente) y $k = \sqrt{2mE}/\hbar$, donde E es la energía incidente.