Teoría de colisiones

Ejercicio 1: Sección eficaz

Se hace incidir un flujo de 10^{26} partículas cm^{-2} s^{-1} con un momento $p = 200$ MeV/c sobre un blanco fijo. Calcula, sabiendo que la amplitud de difusión elástica es

$$f(p,\theta,\varphi) = \frac{3\hbar}{2p}(\sin\theta\sin\varphi + i\cos\theta)\ ,$$

i) La sección eficaz diferencial $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ y la total σ. Exprésalas en barn.

ii) La amplitud hacia delante. Exprésala en fm. Comprueba el teorema óptico.

iii) El número de partículas dispersadas con un ángulo sólido $d\Omega$ y el número total que se desvían.

iv) El número de partículas desviadas hacia el hemisferio frontal/trasero.

v) El número de partículas desviadas hacia el hemisferio derecho/izquierdo.

Ejercicio 2: Aplicación del teorema óptico

Electrones de $p = 10$ keV/c son difundidos elásticamente por cierto potencial. Se encuentra que la sección eficaz diferencial hacia delante es $\sigma(\theta = 0) = 1$ mbarn/sr y la total $\sigma = 15$ mbarn. Calcúlese la amplitud de difusión hacia delante. ¿Basta con la onda s?

Ejercicio 3: Cálculo explícito de defasajes

Un haz de partículas de masa m es difundido por el potencial

$$V(r) = V_0\ \delta(r - R)\ .$$

(i) Calcular la amplitud de dispersión (f) en la aproximación de Born; *(ii)* En el límite $qR/\hbar \ll 1$, con $\vec{q} = \vec{p}' - \vec{p}$, obtener la sección eficaz total (σ), la amplitude (f_ℓ) y defasajes (δ_ℓ) teniendo en cuenta la contribución en onda s y p.
[$P_0(x) = 1$, $P_1(x) = x$, $\sin^2(\theta/2) = (1-\cos\theta)/2$]

Ejercicio 4: Potencial radial

Un haz de neutrones de energía cinética E, en la dirección del eje z, choca con una molécula diatómica de átomos idénticos. El potencial de interacción es:

$$V(r) = A\delta(x)\delta(z)(\delta(y-b) + \delta(y+b))\,,$$

donde $y = \pm b$ son las posiciones de los núcleos de la molécula. Hallar la amplitud de difusión en la aproximación de Born, y discutir la validez de dicha aproximación.

Ejercicio 5: Potencial radial

Un haz de parículas de masa m y energía cinética E es dispersada por el potencial:

$$V(r) = \frac{\alpha}{r} e^{-r/r_0} \, ,$$

donde α y r_0 son contantes. *(i)* Calcular la amplitud de dispersión (f) en la aproximación de Born. Determinar los defasajes $\delta_{0,1}$ para ondas parciales s y p. *(ii)* En el límite $r_0 \to \infty$, obtener la sección eficaz total (σ), e interpretar el resultado.

$$\int \mathrm{d}x \, e^{ax} \sin bx = \frac{e^{ax}(a \, \sin bx - b \, \cos bx)}{a^2 + b^2} \, , \quad \sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2}(1 - \cos\theta)$$

Ejercicio 6: Sección eficaz diferencial para partículas idénticas

Obténgase la forma de la sección eficaz diferencial no polarizada para la dispersión de dos bosones idénticos de espín 1 en el sistema centro de masas (CM). Supóngase que el potencial de interacción entre ellos es central y no depende del espín.

Ejercicio 7: Potencial dependiente del espín

Un haz de partículas de masa m y espín $1/2$ se dispersa por un núcleo de espín $1/2$, con potencial de interación:

$$V = c\vec{s}_1 \cdot \vec{s}_2 \delta(\vec{x}_1 - \vec{x}_2) \, ,$$

donde c es una constante, y $\vec{s}_1$, $\vec{s}_2$ son los espines del proyectil y el núcleo respectivamente, y $\vec{x}_1$, $\vec{x}_2$ sus posiciones.

i) Encontrar la sección eficaz total en la aproximación de Born, promediando sobre las configuraciones de espín inicial y final.

ii) Si el espín del proyectil es $|+\rangle$, y el núcleo no está polarizado, encontrar la probabilidad que las partículas después de ser dispersadas tengan espín $|+\rangle$-