<u>2023   FÍSICA DE PARTÍCULAS - Práctico 5</u>

1. La regla de Fermi permite calcular en mecánica cuántica la *probabilidad de transición por unidad de tiempo para un estado inestable* (partícula, núcleo, nivel atómico molecular), y el resultado es una CONSTANTE llamada λ, constante de desintegración.

a) Calcule la probabilidad de que una partícula no decaiga en el intervalo (0,t), dividiendo el mismo en n intervalos y haciendo finalmente el límite $n \to \infty$; deduzca la ley de desintegración radioactiva a partir de este resultado.

b) A partir de la ley de desintegración radioactiva deduzca ahora que la probabilidad de desintegración para una partícula, por unidad de tiempo, es λ constante para cualquier tiempo t.

c) Considere $P_n(t+\Delta t)$ la probabilidad de observar n decaimientos en el intervalo $(0,t+\Delta t)$, y obtenga una ecuación que relacione su derivada temporal con $P_{n-1}(t)$ y $P_n(t)$. Obtenga a partir de esta ecuación una expresión para $P_n(t)$, usando la condición límite $P_n(0)=0$.

d) Calcule con $P_n(t)$ el número medio de desintegraciones $\langle N \rangle$ en (0,t) y la dispersión $\Delta N = (\langle (N - \langle N \rangle)^2 \rangle)^{1/2} = (\langle N^2 \rangle - \langle N \rangle^2)^{1/2}$.

2. Un haz de partículas idénticas e inestables con una velocidad βc se envía a través de dos contadores separados una distancia L a lo largo de la dirección de vuelo. Se registran N_1 partículas en el primer contador y N_2 en el segundo, con $N_1 > N_2$. La reducción se debe al decaimiento en vuelo de las partículas del haz. Calcule la vida media de las partículas del haz en función de estos valores.

3. Si en el experimento de Cronin y Fitch de violación de CP se producen kaones neutros K^0 de 1500 MeV de energía, estime cuál es la fracción de K_s y K_L que se espera encontrar luego que los kaones recorren una distancia de 30m. Si se obtivieron 45 eventos de 22700, indique con qué desviación estadística (σ) eso se aparta de conservación de CP (o la presencia predicha de K_s).

4. a) Un neutrino muónico de 1 GeV es enviado contra un bloque de 1 m de espesor de hierro-56, cuya densidad es 7874 kg/m^3. Si la sección eficaz de la interacción neutrino-nucleón a esa energía es $\sigma = 8 \times 10^{-39}$ cm^2, calcule la probabilidad de interacción del neutrino con el bloque.
b) Una partícula avanza según el eje de un cilindro de área A, en el que hay ρ partículas por unidad de volumen. Si la sección eficaz de interacción de la partícula incidente con las del ciilndro es σ calcule la longitud del cilindro para que la probabilidad de interacción sea aproximadamente uno. Esta longitud λ se llama camino libre medio ($\lambda=1/\rho\,\sigma$).

5. Use la regla de oro de Fermi para el decaimiento del pión neutro en dos fotones:
$\pi^0 \to \gamma + \gamma$. El pión es una partícula compuesta por quarks, de forma que el cálculo es complicado, pero use la fórmula para el decaimiento en dos partículas para estimar el valor de la vida media. La amplitud de probabilidad $\mathcal{M}$ para este proceso se puede

escribir teniendo en cuenta que tiene dimensiones de momento, y hay solo una masa y una velocidad disponibles en el problema. Por otra parte, la emisión de cada fotón introduce en la amplitud un factor $\alpha^{1/2}$ (α: constante de estructura fina de QED). Compare el resultado obtenido con el valor experimental.

Sugiero ver los problemas 6 a 9 en el libro de Griffiths:

6. a) Obtenga la siguiente relación entre masas, momentos y energías para la dispersión de partículas 1+2 (la partícula 1 choca con la partícula 2) en el referencial del centro de masas: $[(p_1 \cdot p_2)^2 - (m_1 m_2 c^2)^2]^{1/2} = (E_1+E_2)\,|\vec{p}_1|/c$.
b) Calcule la expresión anterior en el referencial del LAB, con la partícula 2 en reposo.

7. Considere la difusión elástica de las partículas que llamaremos a y b: a + b → a + b en el referencial de laboratorio (con b inicialmente en reposo). Asumiendo que el blanco es muy pesado ($m_b c^2 >> E_a$ y entonces la energía de retroceso es pequeña); calcule la sección eficaz diferencial en el laboraorio para este proceso.
Resultado: $\frac{d\sigma}{d\Omega}=\left(\frac{\hbar}{8\pi m_b c}\right)^2 |M|^2$

8. Considere de nuevo la difusión de las partículas a + b → a + b en el referencial de laboratorio.
a) Calcule la fórmula para la sección eficaz diferencial (ahora en el caso general).
b) Escriba la formula de a) para $m_a = 0$.

9. Considere la difusión 1 + 2 → 3 + 4 en el referencial de laboratorio (partícula 2 en reposo), siendo 3 y 4 partículas sin masa. Calcule la fórmula para la sección eficaz diferencial.

En la teoría de juguete ABC: (ejs. 10, 11, 12)

10.
a) ¿Es posible el proceso A → B + B ?
b) Si hay n_A líneas externas de A, n_B de B, y n_C de C, obtenga un criterio que permita decidir si un proceso es permitido.
c) Si A es muy pesada, indique qué otros decaimientos son los más probables y posibles, además de A → B + C, y dibuje los diagramas.

11. Dibuje los diagramas para la difusión A + A → A + A. Calcule la amplitud $\mathcal{M}$ para el proceso a más bajo orden, asumiendo que $m_B = m_C = 0$. Exprese el resultado en función de una integral en un cuadri-momento q.

12. Calcule la sección eficaz diferencial y la total para A + A → B + B en el CM y el LAB para $m_B = m_C = 0$. Calcule la expresión para el caso no relativista y el ultra-relativista.