FÍSICA DE PARTÍCULAS - 2

(problemas a entregar hasta el 27 de octubre del 2004)

11. Los muones provenientes de rayos cósmicos se producen en las capas altas de la atmósfera (aprox. 8000 m) a velocidades cercanas a la de la luz. (por ejemplo 0.998 c) y llegan al nivel del mar.

a) De acuerdo con la mecánica clásica, ¿a qué distancia máxima pueden viajar los muones desde la atmósfera?

b) Repita el cálculo usando la relatividad especial para la velocidad indicada. Calcule también la energía mínima que deben tener los muones para llegar al nivel del mar.

c) Se producen piones en la atmósfera con el proceso p + p $\longrightarrow$ p + p + piones, y estos últimos decaen en muones de acuerdo a

$$\pi^- \to \mu^- + \bar{\nu}_\mu \qquad y \qquad \pi^+ \to \mu^+ + \nu_\mu .$$

Indique si los piones pueden alcanzar al nivel del mar para la velocidad indicada, y cual sería la energía mínima para que esto sea posible.

d) Calcule en promedio cuánto recorre en el LAB un muon, producto del decaimiento de un pion en reposo, antes de desintegrarse.

12. a) Un pion con velocidad v decae en muon y antineutrino

$$\pi^- \to \mu^- + \bar{\nu}_\mu .$$

Si el antineutrino emerge a 90 grados de la dirección original del pion, calcule el ángulo de salida del muon.

b) Una partícula A decae en B y C. Calcule, en el referencial de A, la energía de las partículas B y C.

c) Encuentre las magnitudes de los momentos (use para expresar el resultado la función "triángulo" λ (x, y, z) = $x^2 + y^2 + z^2 - 2\,x\,y - 2\,x\,z - 2\,z\,x$).

d) Demuestre que los momentos van a cero cuando $m_A = m_B + m_C$ y que serían imaginarios si $m_A < m_B + m_C$.

e) Calcule la energía de los productos de decaimiento en los casos:

$$\pi^- \to \mu^- + \bar{\nu}_\mu \; ; \quad \pi^0 \to \gamma + \gamma \quad ; \quad K^+ \to \pi^+ + \pi^0 \quad ; \quad \Lambda \to p + \pi^- \quad ; \quad \Omega^- \to \Lambda + K^-$$

13. Una partícula A de energía E colisiona con otra B en reposo produciendo C_1, C_2, ...C_n. Calcule el umbral para esta reacción en función de las masas de las partículas.

b) Idem para:

$$p + p \to p + p + \pi^0 \quad ; \quad p + p \to p + p + \pi^+ + \pi^- \; ; \pi^- + p \to p + \bar{p} + n \; ;$$
$$\pi^- + \bar{p} \to K^0 + \Sigma^0 \quad ; \quad p + p \to p + \Sigma^+ + K^0$$

14. a) En el decaimiento

$$\Delta^{++} \rightarrow p + \pi^{+}$$

indique cuales son los valores posibles del momento angular orbital l del estado final.

b) Un electrón del átomo de hidrógeno esta en un estado con l=1. Si el momento angular total es j=3/2 y su componente z es $\frac{1}{2}\hbar$, calcule la probabilidad de encontrar al electrón con $m_s = ½$.

c) Considere una partícula de espín 3/2 y otra de espin 2 con momento angular orbital 0 y acopladas a momento angular total 5/2 con componente z −1/2; indique qué valores se pueden medir para la componente z de la partícula con espín 2 y con qué probabilidades.

d) Considere un electrón en el estado

$$\begin{pmatrix} 1/\sqrt{5} \\ 2/\sqrt{5} \end{pmatrix},$$

indique qué valores se pueden medir de las componentes x, y, z del espín y con qué probabilidades.

15. a) Demuestre que

$$\sigma_i \sigma_j = \delta_{ij} + i\varepsilon_{ijk}\sigma_k .$$

b) Muestre que

$$\exp(i\pi\sigma_z / 2) = i\sigma_z .$$

c) Calcule la matriz U que representa una rotación de 180^0 alrededor del eje y y muestre que transforma ↑ en ↓.

d) Muestre que

$$U(\theta) = \cos\theta/2 - i(\widehat{\theta}\cdot\boldsymbol{\sigma})\sin\theta/2$$

16. Considere las siguientes reacciones

$$K^- + n \rightarrow \Sigma^- + \pi^0 \quad ; \quad K^- + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^-$$

indique los valores posibles para el isospin total e indique la relación entre las probabilidades de transición si uno u otro canal es el dominante.

17. Considere una partícula no relativista de masa m que es difundida por un potencial repulsivo fijo $V(r) = k/r^2$. Calcule el ángulo de difusión en función del parámetro de impacto; calcule la sección eficaz diferencial y la total.

18. Para el caso de difusión por una esfera dura, en el sistema de laboratorio, exprese la sección eficaz en función de la energía perdida por las partículas difundidas.

19. Calcule la sección eficaz para la caida (sección eficaz de absorción) de partículas de masa m_1 sobre la superficie de un cuerpo esférico de masa m_2 y radio R, atraidas por la ley de gravitación universal.

20. Calcule la sección eficaz diferencial de difusión para un pozo de potencial esférico de radio a y profundidad U_0 ($U = 0$ si $r > a$ y $U = U_0$ si $r < a$). Calcule la sección eficaz total.