

FÍSICA DE PARTÍCULAS - 1

(problemas a entregar hasta el 4 de octubre del 2006)

1. La masa del mesón de Yukawa puede ser estimada usando el Principio de Incertidumbre para la energía y el tiempo. Cuando dos protones en un núcleo intercambian un mesón de masa m se "viola" la conservación de la energía durante un tiempo determinado por este Principio. Considere el tamaño típico de un núcleo y que el mesón es relativista para estimar esta masa m .

2. Antes del descubrimiento del neutrón se pensaba que el núcleo consistía en protones y electrones, siendo el número atómico el exceso en número de los primeros. El decaimiento beta parecía sostener este argumento. Considere la relación de incertidumbre espacio-impulso para estimar el mínimo momento de un electrón confinado en un núcleo. Determine su energía y compare con la energía típica de electrones emitidos en decaimiento beta (por ejemplo en tritio).

3. a) La fórmula de masa de Gell-Mann/Okubo relaciona las masas de los miembros del octete bariónico (despreciando las pequeñas diferencias de masa entre p y n ; Σ^+ , Σ^0 y Σ^- ; Ξ^0 y Ξ^-):

$$2(m_N + m_\Xi) = 3m_\Lambda + m_\Sigma$$

Use esta fórmula (poniendo para N , Ξ y Σ los valores promedios) para predecir la masa de la partícula Λ ; compare este valor con el PDG.

b) Una fórmula similar se aplica al octete mesónico, pero sustituyendo $m \rightarrow m^2$ (y $\Sigma \rightarrow \pi$, $\Lambda \rightarrow \eta$, etc.); use esa fórmula para estimar la masa del mesón η y compare con PDG.

c) La fórmula de masa para el decuplete es más sencilla (igual espaciamiento entre filas):

$$M_\Lambda - M_{\Sigma^*} = M_{\Sigma^*} - M_{\Xi^*} = M_{\Xi^*} - M_\Omega$$

Use esta fórmula, como hizo Gell-Mann, para estimar la masa del barión Ω^- . Compare con PDG.

4. a) Los miembros del decuplete bariónico decaen (en tiempos típicos de 10^{-23} s) en un barión más liviano del octete y un mesón (pseudoescalar del octete mesónico). Por ejemplo, $\Delta^{++} \rightarrow p + \pi^+$. Escriba todos los modos de decaimiento por interacciones fuertes para Δ^- , Σ^{*+} y Ξ^{*-} . Indique cuáles están prohibidos por la cinemática.

b) Considere los decaimientos fuertes posibles para Ω^- y compare con la situación en a). Gell-Mann predijo entonces que esta partícula sería metaestable, con vida media mucho mayor que los otros miembros del decuplete.

c) verifique la relación de Coleman-Glashow para las masas:

$$M_{\Sigma^+} - M_{\Sigma^-} = M_p - M_n + M_{\Xi^0} - M_{\Xi^-}$$

5.a) Indique cuántos mesones diferentes se pueden hacer con 1,2,3,4,5,6 sabores diferentes de quarks. Escriba la fórmula general para n sabores,

b) idem para bariones;

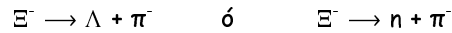
c) usando los quarks u, d, s , y c construya una tabla con todos los bariones posibles. Indique cuántos tienen encanto +1, +2, y +3.

6. De Rújula, Georgi, y Glashow (Phys. Rev. D12, 147 (1975)) estimaron las masas de los quarks $m_u = m_d = 336 \text{ MeV}/c^2$, $m_s = 540 \text{ MeV}/c^2$ y $m_c = 1500 \text{ MeV}/c^2$ ($m_b = 4500 \text{ MeV}/c^2$ aproximadamente). En este caso, la energía de ligadura media para el octete bariónico es

de 62 MeV. Calcule las masas del octete si las energías de ligadura fuesen exactamente estas, y compare con los valores dados por PDG.

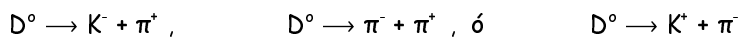
7. a) Escriba el diagrama de más bajo orden para la difusión fotón-fotón: $\gamma + \gamma \rightarrow \gamma + \gamma$.
 b) Escriba los diagramas de cuarto orden (4 vértices) para la difusión Compton (diagramas no conectados no cuentan).
 b) escriba los diagramas de más bajo orden para el proceso $e^+ + e^- \rightarrow W^+ + W^-$.

8. a) ¿Qué decaimiento le parece más probable ?



Explique su respuesta y compárela con los datos experimentales.

b) ¿Qué decaimiento del mesón $D^0 (c\bar{u})$ le parece más probable ?



Dibuje los diagramas de Feynman, explique su respuesta y compare con los datos experimentales (una de las predicciones del modelo de Cabibbo/GIM/KM fue que los mesones con encanto debían decaer preferentemente a mesones extraños, aunque energéticamente el decaimiento a dos piones está favorecido).

c) ¿ Los mesones B deben decaer preferentemente a D, K ó π ?

9. Examine los siguientes procesos e indique cuáles son posibles o imposibles, de acuerdo al Modelo Estándar, indicando la interacción responsable del decaimiento. En caso de que el decaimiento no sea posible, indique que ley de conservación lo prohíbe.

- | | |
|---|--|
| a) $p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ | l) $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$ |
| b) $\eta \rightarrow \gamma + \gamma$ | m) $n + \bar{n} \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ |
| c) $\Sigma^0 \rightarrow \Delta + \pi^0$ | n) $n + \pi^+ \rightarrow \pi^- + p$ |
| d) $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$ | o) $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$ |
| e) $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$ | p) $n + \Sigma^+ \rightarrow p + \Sigma^-$ |
| f) $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$ | q) $\Sigma^0 \rightarrow \Delta + \gamma$ |
| g) $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$ | r) $\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^-$ |
| h) $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ | s) $\Xi^0 \rightarrow p + \pi^-$ |
| i) $e + p \rightarrow \nu_e + \pi^0$ | t) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$ |
| j) $p + p \rightarrow \Sigma^+ + n + K^0 + \pi^0 + \pi^+$ | u) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ |
| k) $p \rightarrow e^+ + \gamma$ | v) $\Sigma^- \rightarrow n + e + \bar{\nu}_e$ |

10. Algunos decaimientos son posibles por la acción de diferentes interacciones. Dibuje los diagramas de Feynman para los siguientes procesos, indicando qué interacciones actúan:

- a) $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu + \gamma$
 b) $\Sigma^+ \rightarrow p + \gamma$