

FÍSICA DE PARTÍCULAS - 1

(problemas a entregar hasta el 12 de octubre del 2004)

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. 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.

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

b) considere los decaimientos posibles para Ω^- . Gell-Mann predijo 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:

$$\Sigma^+ - \Sigma^- = p - n + \Xi^0 - \Xi^-$$

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 fuesen exactamente estas, y compare con los valores dados por PDG.

7. a) 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 ?

$$\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^- \quad \text{ó} \quad \Xi^- \rightarrow n + \pi^-$$

Explique su respuesta y compárela con los datos experimentales.

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

$$D^0 \rightarrow K^- + \pi^+, \quad D^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+, \quad \text{ó} \quad D^0 \rightarrow K^+ + \pi^-$$

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) $\Sigma^+ \rightarrow p + \gamma$