

2017 FÍSICA DE PARTÍCULAS - 1

1. En el sistema natural de unidades escriba el valor de:

- a) 1 GeV en cm^{-1}
- b) La masa del electrón en cm^{-1} y sec^{-1} .
- c) La constante de Newton.
- d) La vida media del pión neutro y cargado, muón y neutrón en MeV, cm^{-1} y sec^{-1} .

2. 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 .

3. 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).

4. Indique un decaimiento cinemáticamente permitido y que solo esté prohibido por una de las leyes de conservación vistas en clase.

5. a) Busque en las tablas de radioisótopos y de varios ejemplos de decaimiento β^+ y β^- , así como decaimiento γ y α , indicando las energías típicas para estos decaimientos, indicando valores máximos y mínimos que se encuentran en las tablas.

b) Explique qué es la conversión interna, captura electrónica y la emisión Auger.

c) Dibuje el esquema de decaimiento del Cobalto-60 y K-40, indicando el significado de la información disponible en las tablas. Compare la energía máxima del espectro beta observado con la energía calculada en clase.

6. 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 espaciamento entre filas):

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

Use esta fórmula, como hizo Gell-Mann, para estimar la masa del barión Ω^- . Compare con PDG ($\Xi^* \equiv \Xi(1530)$ y $\Sigma^* \equiv \Sigma(1385)$).

7. 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:

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

8. a) Indique cuántos mesones diferentes se pueden obtener con 1,2,3,4,5,6 sabores.
b) Idem para bariones.
c) Con los quarks u, d, s, c construya una tabla con todos los bariones posibles. Indique cuántos tienen encanto +1, +2, y +3.
d) Haga lo mismo, pero construyendo mesones.

9. Asumiendo que los quarks top decaen muy rápidamente y no pueden formar estados ligados, haga una lista de las 15 combinaciones de mesones posibles (quark anti-quark) y de los 35 bariones (qqq). Mirando el PDG u otras fuentes, determine cuáles han sido encontrados experimentalmente, dando su nombre, masa, año de descubrimiento (sólo los más livianos, en cada caso).

Por ejemplo sss: Ω^- , 1672 MeV/c², 1964.

10. 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 $m_c = 1500 \text{ MeV}/c^2$ ($m_b \cong 4500 \text{ MeV}/c^2$). Si la energía de ligadura media para el octete bariónico es 62 MeV calcule las masas del octete y compare con los valores dados por PDG.

11. Use la información disponible en PDG para el protón y el neutrón respecto del radio de carga para hacer un modelo sencillo de la densidad de carga.

- a) Calcule la autoenergía de estas densidades de carga.
b) Ajuste los parámetros de forma que los radios de carga sean los dados en PDG.
c) Investigue lo que este modelo predice para los momentos magnéticos.

12. Asuma que el núcleo de uranio se rompe espontáneamente en dos partes iguales.

- a) Estime la reducción de energía electrostática del núcleo. ¿Cuál es la relación de esta energía con la del cambio total en energía? (Asuma distribución de carga uniforme; radio nuclear = $1.2 \times 10^{-13} A^{1/3} \text{ cm}$)
b) Estime el cociente entre la energía liberada por gramo de uranio por fisión y gramo de TNT al explotar.
c) Estime el número medio de fisiones en un reactor de potencia de 100 MW y el consumo, en gramos, de uranio en 30 años de vida útil.