

Guía de Problemas n^o 1

October 7, 2024

Problema 1

Antes del descubrimiento del neutrón, muchos pensaban que el núcleo estaba formado por protones y electrones, y que el número atómico era igual al exceso de protones. La desintegración beta parecía confirmar esta idea: después de todo, los electrones salen disparados, ¿no implica esto que había electrones en el interior? Utilice la relación de incertidumbre posición-momento, $\delta x \delta p \geq \hbar/2$, para estimar el momento mínimo de un electrón confinado en un núcleo (radio 10^{-11} cm). A partir de la relación relativista energía-momento, $E^2 - p^2 c^2 = m^2 c^4$, determine la energía correspondiente y compárela con la de un electrón emitido en, digamos, la desintegración beta del tritio (Figura 1.5 del Griffiths). (Este resultado convenció a algunos de que el electrón del decaimiento beta no podía estar dando vueltas dentro del núcleo, sino que debía producirse en la propia desintegración).

Problema 2

La diferencia de masas entre los decupletes muestra que es igual entre las filas:

$$m_{\Delta} - m_{\Sigma^*} = m_{\Sigma^*} - m_{\Xi^*} = m_{\Xi^*} - m_{\Omega} \quad (1)$$

Utiliza esta fórmula (como hizo Gell-Mann) para predecir la masa del Ω^- . (Utiliza la media de los dos primeros espaciamentos para estimar el tercero.) ¿Cuál es la diferencia entre tu predicción y el valor observado?

Problema 3

a) Los miembros del decuplete de bariones suelen desintegrarse al cabo de 10^{-23} segundos en un barión más ligero (del octeto de bariones) y un mesón (del octeto de mesones pseudoescalares). Así, por ejemplo, $\Delta^{++} \rightarrow p^+ + \pi^+$. Enumere todos los modos de desintegración de este de para el Δ^- , Σ^{*+} y Ξ^{*-} . Recuerde que estas desintegraciones deben conservar la carga y la extrañeza (son interacciones fuertes).

b) En cada desintegración debe haber suficiente masa en la partícula original para cubrir las masas de los productos de la desintegración. (Puede haber más que suficiente; la sobrante se 'absorberá' en forma de energía cinética en el estado final). Comprueba cada uno de las desintegraciones que propusiste en la parte (a) para ver cuáles cumplen este criterio. Los demás están cinemáticamente prohibidos.

Problema 4

Analice los posibles modos de desintegración del Ω^- , igual que hizo en el problema 3 para la Δ^+ , Σ^{*+} y Ξ^{*-} . ¿Nota el problema? Gell-Mann predijo que el Ω^- sería "metaestable" (es decir, mucho más longeva que los otros miembros del decuplet), precisamente por esto razón. (De hecho, el Ω^- decae, pero por la interacción débil, que es mucho más lenta y no conserva la extrañeza).

Problema 5

Utilizando cuatro quarks (u, d, s y c), construya una tabla de todas las especies de bariones posibles. ¿Cuántas combinaciones tienen un encanto de +1? ¿Cuántas tienen un encanto de +2 y +3? Repita pero esta vez para los mesones.

Problema 6

Shupe, M. (1979) [Physics Letters, 86B, 87] propuso que todos los quarks y leptones están compuestos por dos constituyentes aún más elementales: c con carga $-1/3$ y n con carga cero- y sus respectivas antipartículas, \bar{c} y \bar{n} . Se pueden combinar en grupos de tres partículas o tres antipartículas (ccn, por ejemplo, $\bar{n}\bar{n}\bar{n}$). Construya los ocho quarks y leptones de la primera generación de esta manera. (Obsérvese que cada uno de los estados de los quarks admite tres posibles permutaciones (ccn, cnc, ncc, por ejemplo),

que corresponden a los tres colores. Los mediadores pueden construirse a partir de tres partículas más tres antipartículas. W^\pm , Z^0 , y γ implican tres partículas similares y tres antipartículas similares ($W^- = ccc\bar{n}\bar{n}\bar{n}$, por ejemplo). Se construye W^\pm , Z^0 , y γ de esta manera. Los gluones implican combinaciones mixtas $ccn\bar{c}\bar{n}$, por ejemplo). ¿Cuántas posibilidades hay en total?

Problema 7

Esboce el diagrama de Feynman de orden inferior que representa la dispersión de Delbruck: $\gamma + \gamma \longrightarrow \gamma + \gamma$. (Este proceso, la dispersión de la luz por la luz, no tiene análogo en la electrodinámica clásica).

Problema 8

Determine la masa del fotón virtual en cada uno de los diagramas de orden inferior para la dispersión de Bhabha (suponga que el electrón y el positrón están en reposo). Cuál es su velocidad) (Nótese que estas respuestas serían imposibles para fotones reales).

Problema 9

a) ¿Qué descomposición cree que sería más probable?

$$\Xi^- \longrightarrow \Delta + \pi^-$$

Explica tu respuesta y confírmala buscando los datos experimentales.

b) ¿Qué desintegración del mesón D^0 ($c\bar{u}$) es más probable,

$$D^0 \longrightarrow K^+ + \pi^+, D^0 \longrightarrow \pi^+ + \pi^-, D^0 \longrightarrow K^+ + \pi^-$$

¿Cuál es menos probable? Dibuja los diagramas de Feynman, explique su respuesta y compruebe los datos experimentales. (Una de las predicciones exitosas del modelo Cabibbo/GIM/KM era que los mesones encantados decaerían preferentemente en mesones extraños, aunque energéticamente se favorezca el modo 2π).

Problema 10

El mesón Υ ($b\bar{b}$), es el mesón bottom-quark análogo al Ψ ($c\bar{c}$). Su masa es $9460 \text{ MeV}/c^2$, y su tiempo de vida es de $1,5 \times 10^{-20} \text{ seg}$. A partir de esta información, ¿qué puedes decir sobre la masa del mesón B ($u\bar{b}$) (La masa observada es de $5180 \text{ MeV}/c^2$).