

Ayudantía 12

Física de Partículas

Profesor: Benjamin Koch
Ayudante: Federico Márquez (cfmarque@uc.cl)

Problema 1: Modelo de Quarks

En 1964 Gell-Mann y Zweig, independientemente, propusieron que los hadrones (bariones y mesones) estaban compuestos de partículas más fundamentales a las que Murray Gell-Mann llamó quarks. Hoy sabemos que existen 6 “sabores” diferentes de quarks, pero en este ejercicio trabajaremos con solo 2: El quark *up* (u), con carga $2e/3$ y el quark *down* (d) con carga $-e/3$.

a) En la naturaleza, todos los hadrones que vemos son estados “blancos”. Un estado es blanco si tiene todos los colores o si tiene la misma carga de color y “anticolor” (usando un lenguaje muy permisivo). Recordando que los quarks pueden tener 3 colores (rojo, azul y verde), argumente que combinaciones de quarks (cuantos y que tipo) pueden formar una partícula que observamos en la naturaleza.

b) Los mesones son partículas compuestas de un quark y un antiquark. Construya todos los estados posibles con carga y spin diferentes (los quarks tienen spin $1/2$). Los estados que usted construirá corresponden a los piones y al mesón ρ .

c) Los bariones son partículas compuestas por 3 quarks. Construya todos los estados posibles con carga y spin diferentes. Identifique dentro de estos estados al protón y al neutrón. Es importante notar que algunos de los estados que usted construirá no aparecen en la naturaleza. Esto tiene que ver con la simetría de la función de onda y es algo que no lo debería preocupar ahora.

d) ¿Qué partículas obtendría si realiza el mismo ejercicio para estados compuestos por 3 antiquarks?

Problema 2: Diagramas de Feynman.

Recordando que el vértice fundamental para procesos de electrodinámica (cuántica) es un fotón a 2 fermiones, dibuje los diagramas de Feynman que caracterizan

- La aniquilación de un par electrón positrón.
- La creación de un par electrón positrón.
- El efecto Compton.
- El scattering de un electrón y un muón.

Problema 3: Decaimiento.

La tasa de decaimiento (el inverso del tiempo de vida) de una partícula, para un decaimiento particular, se puede calcular como

$$\Gamma = \frac{S}{\hbar m_1} \left(\frac{c}{4\pi}\right)^2 \frac{1}{2} \int \frac{|\mathcal{M}|^2}{E_2 E_3} \delta\left(\frac{E_1}{c} - \frac{E_2}{c} - \frac{E_3}{c}\right) \delta^3(\vec{p}_1 - \vec{p}_2 - \vec{p}_3) d^3 p_2 d^3 p_3, \quad (1)$$

donde S es un factor estadístico y \mathcal{M} es la amplitud de probabilidad para que un proceso ocurra.

Considere el decaimiento de un pión neutro a dos fotones. Si la amplitud de probabilidad para que el decaimiento ocurra es $\mathcal{M}(\vec{p}_2, \vec{p}_3)$, encuentre la tasa de decaimiento para el pión en este canal.