

# Introducción a Partículas y Física Nuclear

## Guía 07

1er semestre 2012

47. Una partícula con masa  $m_1$  y energía  $E_1$  colisiona frontalmente con otra inicialmente en reposo de masa  $m_2$ .
- Mostrar que la energía total en el sistema centro de masa (aquel en el que el impulso lineal total es nulo) es  $E_{CM}^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2m_2E_1$ .
  - Calcular  $E_{CM}$  para el caso en que ambas partículas se mueven en direcciones opuestas, con momento lineal  $\vec{p}_1$  y  $\vec{p}_2$ .
  - Mostrar que si su energía es grande comparada con la energía en reposo,  $E_{CM}^2 \approx 4E_1E_2$ .
  - Verificar que si la colisión no es frontal el resultado se reduce por un factor  $(1 + \cos \theta)/2$ , siendo  $\theta$  el ángulo entre los haces.
  - El Large Hadron Collider (CERN) es un colisionador de protones con una energía de centro de masa de 7 TeV. Para obtener la misma energía de centro de masa en un acelerador que bombardeara un blanco fijo, ¿qué energía habría que darle a los protones?
48. En unidades naturales, la sección eficaz para el proceso  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$  es  $\sigma = \frac{4\pi}{3} \frac{\alpha^2}{E_{cm}^2}$ . Expresar su valor en nb en el caso de haces colisionantes de electrones y positrones con energías de 5 GeV cada uno.
49. (\*) En 1963 se realizó un experimento que midió que el flujo de muones de cierta energía en los rayos cósmicos a 3 metros de altura sobre el nivel del mar es un 73% del que hay a 1910 metros de altura. La vida media de un muón en reposo es de  $2,2 \times 10^{-6}$  seg. ¿Cuál era la energía de los muones?
50. Calcular la energía cinética del muón producto del decaimiento de un pión en reposo  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$  (suponiendo que el neutrino tiene masa nula).
51. (\*) A partir de cierto umbral de energía, los protones no pueden propagarse libremente por el universo pues al colisionar con fotones del fondo de radiación cósmica puede producirse la reacción  $p + \gamma_{CMBR} \rightarrow p + \pi^0$  (efecto conocido bajo el nombre de "supresión de GZK"). Calcular el umbral de energía, aproximando que los fotones de la radiación cósmica tienen la energía correspondiente al pico del espectro de cuerpo negro a  $T = 2,7$  K. Estimar el camino libre medio de los protones con esa energía si la sección eficaz del proceso es aproximadamente 0,1 mbarn, y hay 420 fotones en cada  $\text{cm}^3$  del universo.
52. Mostrar que el proceso  $[\gamma \rightarrow e^+ + e^-]$  no es posible en el espacio libre. ¿Por qué es posible en las vecindades de un núcleo atómico? Calcular el mínimo impulso que debe ser transferido para que decaiga un fotón de 1 GeV. ¿Sería posible el proceso en el espacio libre si la masa del fotón no fuera nula?
53. Explicar los significados de: bosón, fermión, hadrón, leptón, barión, mesón. Dar un ejemplo de cada uno. ¿Cuáles términos caracterizan al fotón y cuáles no?
54. No hay mesones conocidos con carga 2. Dar una explicación simple para este resultado experimental.
55. La reacción  $\nu_\mu + n \rightarrow e^- + p$ , con  $\nu_\mu$  producido en el decaimiento  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$  no se observa. ¿Qué se puede deducir a partir de estas observaciones sobre los números cuánticos leptónicos?

56. (\*) Analizar los siguientes procesos y decir si son posibles o imposibles según el Modelo Estándar. En los casos en que no sean posibles, explicar por qué. Donde sea posible, identificar las interacciones involucradas.

1)  $p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + \pi^0$

2)  $\eta \rightarrow \gamma + \gamma$

3)  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \pi^0$

4)  $\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$

5)  $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$

6)  $\mu^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$

7)  $\Delta^+ \rightarrow p + \pi^0$

8)  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$

9)  $e + p \rightarrow \nu_e + \pi^0$

10)  $p + p \rightarrow \Sigma^+ + n + K^0 + \pi^+ + \pi^0$

11)  $p \rightarrow e^+ + \gamma$

12)  $n + \bar{n} \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$

13)  $\pi^+ + n \rightarrow \pi^- + p$

14)  $K^- \rightarrow \pi^- + \pi^0$

15)  $\Sigma^+ + n \rightarrow \Sigma^- + p$

16)  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + \gamma$

17)  $\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^-$

18)  $\Xi^0 \rightarrow p + \pi^-$

19)  $\pi^- + p \rightarrow \Lambda + K^0$

20)  $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

21)  $\Sigma^- \rightarrow n + e + \bar{\nu}_e$

22)  $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$