

## 2014- FÍSICA DE PARTÍCULAS - 3

17. Los muones provenientes de rayos cósmicos se producen en las capas altas de la atmósfera (aprox. 8000 m) a velocidades cercanas a la de la luz (por ejemplo 0.998 c) y llegan al nivel del mar.

a) De acuerdo con la mecánica clásica, ¿a qué distancia máxima pueden viajar los muones desde la atmósfera?

b) Repita el cálculo usando la relatividad especial para la velocidad indicada. Calcule también la energía mínima que deben tener los muones para llegar al nivel del mar.

c) Se producen piones en la atmósfera con el proceso  $p + p \rightarrow p + p + \text{piones}$ , y estos últimos decaen en muones de acuerdo a

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu \quad \text{y} \quad \pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

Indique si los piones pueden alcanzar al nivel del mar para la velocidad indicada, y cual sería la energía mínima para que esto sea posible.

d) Calcule en promedio cuánto recorre en el LAB un muon, producto del decaimiento de un pion en reposo, antes de desintegrarse.

18. a) Un pion con velocidad  $v$  decae en muon y antineutrino

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$$

Si el antineutrino emerge a 90 grados de la dirección original del pion, calcule el ángulo de salida del muon.

b) Una partícula A decae en B y C. Calcule, en el referencial de A, la energía de las partículas B y C.

c) Encuentre las magnitudes de los momentos (use para expresar el resultado la función "triángulo"  $\lambda(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - 2xy - 2xz - 2zy$ ).

d) Demuestre que los momentos van a cero cuando  $m_A = m_B + m_C$  y que serían imaginarios si  $m_A < m_B + m_C$ .

e) Calcule la energía de los productos de decaimiento en los casos:

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu; \quad \pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma; \quad K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0; \quad \Lambda \rightarrow p + \pi^-; \quad \Omega^- \rightarrow \Lambda + K^-$$

19. a) Una partícula A de energía  $E$  colisiona con otra B en reposo produciendo  $C_1, C_2, \dots, C_n$ . Calcule el umbral para esta reacción en función de las masas de las partículas.

b) Muestre que la energía cinética umbral en el LAB para una colisión con un blanco de masa  $m$ , en el que la masa total en el estado inicial es  $M_i$  y la del final es  $M_f$  es  $T_u = (M_f - M_i)(M_f + M_i)/2m$ .

b) Calcule la energía cinética umbral para:

$$p + p \rightarrow p + p + \pi^0; \quad p + p \rightarrow p + p + \pi^+ + \pi^-; \quad \pi^- + p \rightarrow p + \bar{p} + n; \\ \pi^- + \bar{p} \rightarrow K^0 + \Sigma^0; \quad p + p \rightarrow p + \Sigma^+ + K^0$$

20. a) Una partícula de masa  $m$  decae en vuelo en dos fotones de energías  $E_1$  y  $E_2$ . Calcule en ángulo entre los dos fotones en función de  $m$  y las energías (este es el caso del  $\pi^0(140)$  y de la  $\eta(547)$  y midiendo el ángulo y energías de los fotones se puede identificar a la partícula que decayó).

b) En el decaimiento en reposo de un  $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^0$  calcule la máxima energía cinética que puede tener un pión.

c) Calcule la mínima energía con la que se pueden producir bariones  $\Lambda(1116)$  por interacciones fuertes de piones negativos incidiendo sobre protones en reposo.

d) Un mesón con encanto  $D^0 \rightarrow K^- + \pi^+$  decae en este canal a 3 mm del vértice de producción. La energía total de los productos de decaimiento es 30 GeV. Calcule la vida del mesón D y el impulso del pión en el referencial del D.

**21.** Un haz de partículas idénticas e inestables con una velocidad  $\beta c$  se envía a través de dos contadores separados una distancia  $L$ . Se registran  $N_1$  partículas en el primer contador y  $N_2$  en el segundo, y la reducción se debe al decaimiento en vuelo de las partículas del haz. Calcule la vida media de las partículas del haz en función de estos valores.