






## ESTRUCTURA DE LA MATERIA 4

### SEGUNDO CUATRIMESTRE DE 2017

#### PRÁCTICA 4: LEYES DE CONSERVACIÓN RELATIVISTAS

De la conjunción de la relatividad especial y la mecánica cuántica surgieron modelos, que estudiaremos posteriormente, que materializan la posibilidad latente en la famosa fórmula  $E = mc^2$  de que se pierda o gane masa, conservándose la energía total. Los ejercicios que siguen ayudarán a entender las leyes de conservación de la energía y el momento, que en el marco de la relatividad especial se combinan en el cuadrimomento.

1.  Escriba la expresión del momento y energía relativista de una partícula de masa  $m$  y derive a partir de ella las relaciones: a)  $E^2/c^2 - p^2 = m^2c^2$ . b)  $p = E \frac{v}{c^2}$ . Analice las dos relaciones en el límite  $v \rightarrow c$ .
2.  Considere una desintegración de un cuerpo en el estado inicial, a dos cuerpos en el estado final, i.e.  $A \rightarrow BC$ . Halle las energías de las partículas  $B$  y  $C$  en el sistema en que la partícula  $A$  se halla en reposo. ¿En que rango deben estar las masas de  $A$  y  $B$  para que este proceso sea posible?
3. A partir de lo anterior, calcule el impulso del muón en la desintegración  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ , suponiendo que el pión se encuentra inicialmente en reposo. ¿Qué distancia recorrería este muón en el vacío (en promedio) antes de desintegrarse?
4. En base al ejercicio anterior, reconsidere el análisis del decaimiento del neutrón en un electrón y un protón que llevó a suponer la existencia del neutrino. Es decir, vea como las energías del electrón y protón observadas experimentalmente muestran que debe haber una partícula adicional en el estado final.
5.  Considere el proceso  $A + B \rightarrow C$  en el que dos partículas  $A$  y  $B$  de la misma masa  $m$  dan lugar a la producción de una partícula  $C$ . Halle la masa de la partícula  $B$  en función de la energía total de  $A + B$  tanto en el sistema centro de masa como en aquel en que alguna de las dos se encuentra en reposo.
6.   Decida si los procesos siguientes son posibles en base a leyes de conservación relativista:  
a)  $e^- e^+ \rightarrow \gamma$  b)  $e^- e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$   
siendo  $\gamma$  un fotón.
7. Los primeros antiprotones fueron creados en el Bevatrón (Berkeley) en la reacción  $pp \rightarrow ppp\bar{p}$ . En tal caso se utilizó un haz de protones de energía  $E$  que colisiona con un blanco fijo de protones. Se pregunta:
  - (a) ¿Cuál sería la energía mínima necesaria (umbral)  $E$  para producir dicho antiprotón?
  - (b) ¿Cómo cambiaría la situación en caso de colisionar dos haces de protones en lugar de utilizar un blanco fijo?

8. Considere el proceso elástico  $\bar{\nu}_\mu + e^- \rightarrow \bar{\nu}_\mu + e^-$ . Demuestre que en el sistema del laboratorio, donde el electrón se halla originalmente en reposo, el ángulo de emisión  $\theta$  del electrón respecto del antineutrino incidente está dado por

$$\sin^2 \theta = \frac{2m}{T + 2m} \left( 1 - \frac{T}{E_\nu} - \frac{mT}{2E_\nu^2} \right),$$

donde  $m$  es la masa del electrón,  $E_\nu$  la energía del antineutrino incidente y  $T = E - m$  la energía cinética del electrón saliente.