

### Práctica 2: invarianza relativista

- Si usa la convención de unidades  $c = 1$ , seleccione las unidades fundamentales de la mecánica y determine las dimensiones de las siguientes magnitudes: longitud, tiempo, intervalo, masa, velocidad, impulso, aceleración, fuerza y energía.
  - Si usa unidades naturales  $\hbar = c = 1$ , repita el análisis anterior.
  - Si usando  $c = 1$  encuentra una longitud  $l = 5$  s, convierta  $l$  a metros. Convierta también la energía  $E = 10^{-20}$  g a eV.
- Un sistema de coordenadas  $\mathcal{O}'$  se mueve a velocidad  $\vec{v}$  relativa a otro sistema  $\mathcal{O}$ . En  $\mathcal{O}'$  una partícula tiene velocidad  $\vec{u}'$  y aceleración  $\vec{a}'$ . Encuentre la ley de transformación de Lorentz para aceleraciones, y muestre que en el sistema  $\mathcal{O}$  las componentes de la aceleración paralela y perpendicular a  $\vec{v}$  son

$$a_{\parallel} = \gamma^{-3} \left( 1 + \frac{\vec{v} \cdot \vec{u}'}{c^2} \right)^{-3} a'_{\parallel}$$

$$\vec{a}_{\perp} = \gamma^{-2} \left( 1 + \frac{\vec{v} \cdot \vec{u}'}{c^2} \right)^{-3} \left( \vec{a}'_{\perp} + \frac{\vec{v}}{c^2} \times (\vec{a}' \times \vec{u}') \right)$$

- Una regla de longitud  $L$  está en reposo en un sistema en el cual está orientada a un ángulo  $\theta$  con respecto al eje  $x$ . ¿Cuáles son la longitud  $L'$  y orientación  $\theta'$  medidas por un observador moviéndose a velocidad  $\vec{v}$  paralela al eje  $x$  con respecto al primer sistema?
- Considere un cohete que se mueve con velocidad  $\vec{v}$  con respecto a un dado sistema, que llamaremos el laboratorio. El cohete emite un pulso de luz a ángulos polar  $\theta'$  y azimutal  $\phi'$  con respecto a la dirección de  $\vec{v}$ . ¿Cuál es la dirección angular del pulso en el sistema del laboratorio?
  - Considere una partícula en reposo en el sistema del cohete, que emite luz uniformemente en todas las direcciones. Muestre que la luz que en el sistema del cohete se emite hacia el hemisferio delantero será vista desde el laboratorio concentrada en un cono hacia adelante con eje en la dirección de movimiento.
- A las doce del mediodía una nave espacial pasa frente a la Tierra a una velocidad de  $0.8c$ . Los tripulantes de la nave sincronizan sus relojes con los terrestres disponiéndolos en la hora 12:00.
  - A las 12:30 según un reloj situado en la nave, ésta pasa por delante de una estación interplanetaria que se encuentra en reposo relativo a la Tierra y cuyos relojes señalan el tiempo de la Tierra. ¿Qué hora es en la estación?
  - ¿Cuál es la distancia propia entre la Tierra y la estación?
  - A las 12:30 hora de la nave se establece comunicación con la Tierra desde la nave. ¿Cuál es la hora de la Tierra cuando se recibe la señal?
  - Si desde la Tierra se contesta inmediatamente, ¿a qué hora de la nave se recibirá la respuesta?
- Un tren debe atravesar un puente a velocidad relativista. Una persona ha colocado bombas en los extremos del puente, que hace estallar *simultáneamente* (observa la explosión desde afuera) cuando ve al tren ocupar *exactamente* la longitud del puente. Un pasajero del tren, advertido del atentado, verá al puente contraerse, por lo que se ubica en el primer vagón y espera pasar el puente a salvo. Describa con precisión la posición y tiempo de las explosiones vistas desde el tren, y diga si el pasajero pasa antes de que ocurra la explosión. Ilustre con un diagrama espacio-temporal.