

# Introducción a Partículas, Astrofísica y Cosmología

## Guía 01 - Relatividad

Asorey

07 Agosto 2019

1. Usted se encuentra sobre una plataforma de ferrocarril observando el paso de un tren que se mueve a velocidad  $v$  en la dirección  $+x$ . Se enciende una luz en el interior de uno de los vagones del tren, y poco después se apaga. a) ¿Quién puede medir el intervalo de tiempo propio de la duración de la luz: usted o un pasajero a bordo del tren? b) ¿Quién puede medir la longitud propia del vagón: usted o un pasajero a bordo del tren? c) ¿Quién puede medir la longitud propia de un letrero fijo en un poste de la plataforma de ferrocarril: usted o un pasajero a bordo del tren?
2. La expectativa de vida de un ser humano es de aproximadamente 75 años. ¿Significa eso que nunca podremos alcanzar estrellas más allá de 75 años luz? Justifique.
3. Hemos visto que según la teoría de la relatividad, el límite superior para la velocidad de una partícula masiva es menor  $u < c$ . ¿Existen entonces límites superiores a la energía y a la cantidad de movimiento de una partícula?
4. Explique la llamada “paradoja de los gemelos” y luego diga porque no es en realidad una paradoja lógica.
5. Recordando que la definición relativista de la cantidad de movimiento es  $\vec{p} = m\gamma\vec{v}$ , y que la generalización de la segunda ley de Newton es  $\vec{F} = d\vec{p}/dt$ , obtenga una expresión equivalente para la fuerza en función de la aceleración. Suponga que la dirección de la velocidad  $v$  es  $+x$ . (ayuda: debe usar la regla de la cadena).
6. ¿Con qué velocidad debe viajar un cohete en relación con la Tierra de manera que el tiempo en el cohete disminuya a la mitad de su tasa al ser medida por los observadores de la Tierra?
7. El muón negativo ( $\mu^-$ ) es una partícula inestable con una vida media de  $2,2 \times 10^{-6}$  s (medida en el marco en reposo del muón). a) Si el muón se mueve con velocidad cercana a la velocidad de la luz respecto al laboratorio, se mide en este una vida media de  $3,1 \times 10^{-5}$  s. Calcule la velocidad del muón. b) ¿Qué distancia, medida en el laboratorio, recorre el muón durante su vida media? c) ¿cuánto tiempo podría vivir un muón, medido en nuestro marco de referencia, que se desplaza a una velocidad de  $0,99999c$ .
8. Un regla de dos metros de longitud (medida en el marco propio) pasa junto a usted desplazándose a gran velocidad en la dirección  $+x$ . El eje longitudinal de la regla coincide con el eje  $x$ . Usted mide la longitud de la regla en movimiento y encuentra que esta es de un metro, al compararla con una regla de un metro que se encuentra en reposo junto a usted. ¿Cuál es la velocidad de la regla de dos metros respecto a usted?

9. Una nave espacial extraterrestre se aproxima a la Tierra con velocidad  $u_1 = 0,8c$ . Se envía desde la Tierra una sonda a recibirla, con una velocidad  $u_2 = 0,5c$ . a) ¿Cuál es la velocidad de la sonda vista desde la nave? b) Si desde la sonda se envía un rayo láser, ¿cuál es la velocidad del láser medida desde la sonda? ¿y desde la nave? ¿y desde la Tierra?
10. Para que velocidad  $v$  los efectos relativistas son del a)  $\pm 1\%$ ; b)  $10\%$ ; c)  $100\%$ .
11. Vista desde el laboratorio, una partícula de masa  $m_1 = 10\text{ kg}$  se con una velocidad  $u_1 = 4/5c$  en rumbo de colisión con una partícula de masa  $m_2 = 15\text{ kg}$  que se mueve con una velocidad  $u_2 = -2/3c$ . a) Suponiendo un choque totalmente inelástico (ambas partículas quedan unidas), y utilizando la conservación de la cantidad de movimiento relativista, calcule la velocidad, la energía total, la energía cinética y la masa de la partícula resultante. b) Repita sus cálculos pero usando la aproximación Newtoniana.
12. ¿Cuál es la velocidad de un electrón ( $m = 0,511\text{ MeV}/c^2$ ) si su energía cinética es igual a: a) su energía en reposo? b) tres veces su energía en reposo? c) treinta veces su energía en reposo. En cada caso, calcule además la cantidad de movimiento y la energía total.
13. Calcule la velocidad (en términos de  $c$ ), la cantidad de movimiento y la energía cinética para un protón ( $m_p = 938,3\text{ MeV}/c^2$ ) del LHC cuya energía total es  $E = 7\text{ TeV}$ .
14. La creación de pares es un proceso mediante el cual, en presencia de un átomo, un fotón se convierte en un par electrón-positrón,  $\gamma \rightarrow e^- e^+$ . Sabiendo que la masa de estas partículas es  $511\text{ keV}/c^2$ , calcule la energía, la longitud de onda y la frecuencia del fotón original.
15. a) Calcule la luminosidad Solar sabiendo que cada segundo aproximadamente cuatro millones de toneladas de masa se convierten en energía. b) Si cada reacción de fusión libera  $25,7\text{ MeV}$  de energía, calcule el número de reacciones por segundo. c) Calcule la diferencia de masa entre los reactivos y los productos de la reacción nuclear.