



## RESUMEN RELATIVIDAD – FÍSICA 2ºBACH

- **Sistema de referencia inercial/no inercial:** un sistema de referencia inercial es aquel en el que se cumplen las leyes de Newton, dicho de otro modo, está en reposo o con movimiento rectilíneo y uniforme. Si un sistema de referencia no está en reposo o se desplaza a velocidad variable, entonces está bajo la acción de una aceleración y se denomina sistema de referencia no inercial.
- **Factor de conversión de Lorentz:** se denomina por la letra  $\gamma$ . Está definido por la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} ; \text{ donde } \gamma \geq 1, \text{ y } \beta = \frac{v}{c} ; \text{ donde } 0 \geq \beta \leq 1$$

- **Dilatación del tiempo:** la teoría de la relatividad especial de Einstein establece que el intervalo de tiempo entre dos sucesos es mayor si se mide desde un sistema de referencia inercial que se desplaza respecto del fenómeno observado ( $t$ ), que cuando se observa desde un sistema de referencia solidario con el suceso ( $t_0$ ).

$$t = \gamma \cdot t_0$$

- **Contracción del espacio:** la teoría de la relatividad especial de Einstein establece que la longitud es menor si se mide desde un sistema de referencia inercial que se desplaza respecto del fenómeno observado ( $l$ ), que cuando se observa desde un sistema de referencia solidario con el suceso ( $l_0$ ). Esta contracción del espacio se produce siempre en la dirección del movimiento.

$$l = \frac{l_0}{\gamma}$$





- **Aumento de la masa inercial:** ha de considerarse que la masa de un cuerpo es una propiedad del cuerpo, independiente del observador. De esta manera se denomina **masa en reposo o invariante ( $m_0$ )** a la masa medida para un cuerpo en reposo. Sin embargo, cuando un cuerpo lleva velocidad relativista, la medición de la masa se ve alterada, y se mide una masa mayor, llamada a veces "masa relativista". Pero es más correcto indicar que la medición de la masa se ve afectada, puesto que en realidad este concepto de "masa relativista" surge de la definición de el **momento lineal relativista** cuya expresión es:

$$p_{\text{rel}} = \gamma \cdot p = \gamma \cdot m_0 \cdot v$$

A veces se utiliza el concepto de "masa relativista" de la siguiente manera, derivada de la expresión anterior:

$$m (m_{\text{rel}}) = \gamma \cdot m_0 \Rightarrow p_{\text{rel}} = m \cdot v = \gamma \cdot m_0 \cdot v$$

► *Nota: preferiblemente se evitará usar  $m_{\text{rel}}$ , utilizando en su lugar simplemente  $m$ , ya que se distingue perfectamente de la masa en reposo denominada por  $m_0$ .*

- **Masa y energía: por el principio de equivalencia masa-energía** se establece que la masa y la energía son magnitudes equivalentes relacionadas por el cuadrado de la velocidad de la luz. De esta manera se tiene:

$$\text{Energía en reposo} = \text{masa en reposo} \cdot (velocidad \text{ luz})^2: E_0 = m_0 \cdot c^2$$

$$\text{Energía total/energía relativista: } E = m \cdot c^2 \Rightarrow E = \gamma \cdot m_0 \cdot c^2, \text{ a veces escrita } E_T = m_{\text{rel}} \cdot c^2.$$

La Energía total es, a su vez, la energía en reposo más la energía cinética asociada al movimiento relativista, de tal forma que queda:





**Energía total = Energía en reposo + Energía cinética relativista:**  $E = E_0 + E_c$

Esta expresión se puede descomponer de la siguiente manera:

$$E = E_0 + E_c \Rightarrow m \cdot c^2 = m_0 \cdot c^2 + E_c \Rightarrow \gamma \cdot m_0 \cdot c^2 = m_0 \cdot c^2 + E_c$$

También despejando la energía cinética relativista, queda:

$$E_c = \gamma \cdot m_0 \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2 \Rightarrow E_c = (\gamma - 1) \cdot m_0 \cdot c^2$$

 *Nota: esta demostración es muy utilizada en problemas donde se relaciona la  $E_c$  (o la velocidad a través del factor de Lorentz) con el aumento de masa inercial. Conviene conocer bien su desarrollo.*

La expresión anterior sólo se puede aplicar si el cuerpo en cuestión tiene masa. Además, existe una expresión análoga que se consigue operando la primera, donde aparece el momento lineal relativista:

$$E^2 = (m_0 \cdot c^2)^2 + (p \cdot c)^2 = m_0^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2$$

El momento lineal relativista tiene valor, aunque el cuerpo no tenga masa (fotones). Cuando las velocidades no son relativistas, la energía total es igual a la energía en reposo.

 **Velocidad relativista:** Se consideran velocidades relativistas aquellas que son iguales o superiores al **20% de la velocidad de la luz**.

