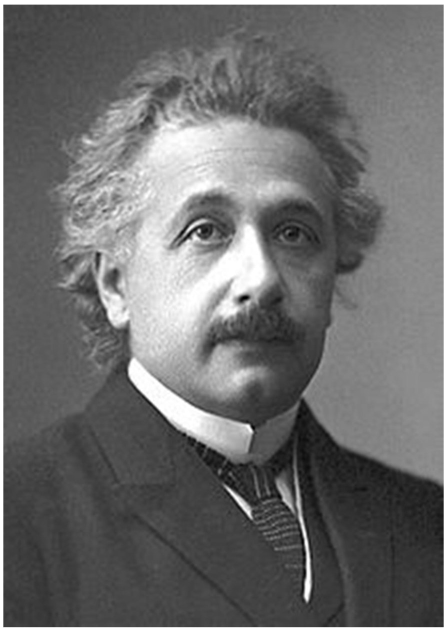


Teoría de la Relatividad Especial

Albert Einstein

1.905

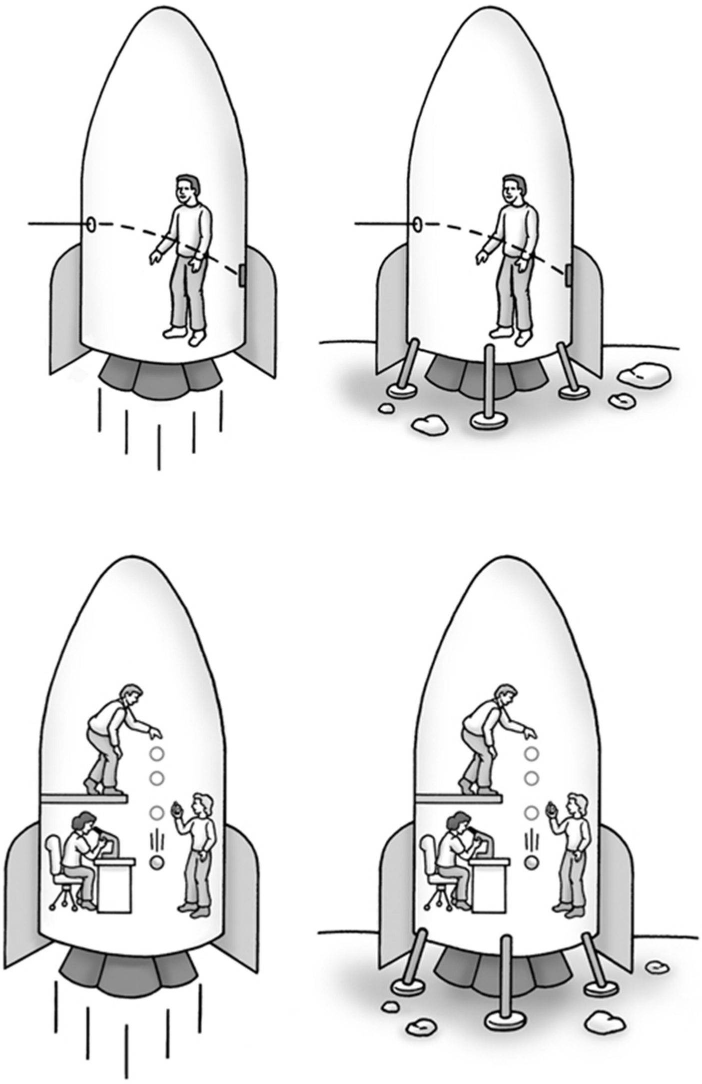
Postulados de la Teoría de la Relatividad Especial

Un sistema de referencia es inercial si está en reposo o se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme (MRU).

Primer Postulado: Las leyes físicas son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales.

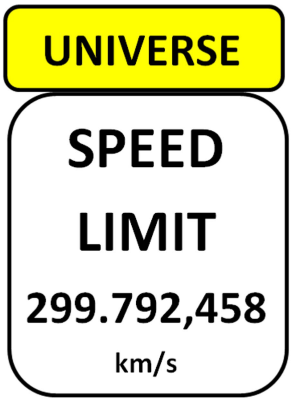
No existe, por tanto, ningún sistema de referencia inercial privilegiado, que se puede considerar absoluto.

Ningún experimento físico puede distinguir el reposo del MRU.



Segundo Postulado: <u>La velocidad de la luz en el vacío, c, es independiente del movimiento relativo de la fuente luminosa y de los observadores inerciales</u>.

La velocidad de la luz en el vacío, c=300.000 km/s, es una constante, y representa la velocidad máxima teórica que no se puede superar.

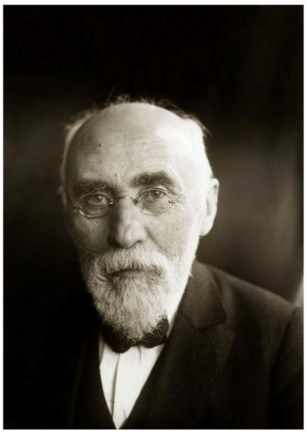


No existe una velocidad infinita para la transmisión de la información entre sistemas de referencia inerciales, con lo que se niega el fenómeno de la simultaneidad de acontecimientos para diferentes observadores. El tiempo deja de ser un parámetro absoluto, que transcurre independientemente de los observadores, y se convierte en un parámetro propio de cada observador.

El espacio y el tiempo dejan de ser sistemas de referencia independientes y se engloban en una entidad llamada espacio-tiempo, propia de cada observador.

La negación de la simultaneidad supone que cada observador dispone de un medidor temporal, estacionario con él mismo, viajando con él y en el que se inscriben los sucesos según se vayan produciendo.

Ecuaciones de Transformación de Lorentz




Hendrik Antoon LORENTZ (1.853–1.928)
Premio Nobel de Física en 1.902

Las observaciones de dos observadores inerciales deben poder correlacionarse y esto se consigue mediante las ecuaciones de transformación de Lorentz.

Factor de Lorentz $$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$x' = \gamma \cdot (x - v \cdot t)$$
$$y' = y$$
$$z' = z$$
$$t' = \gamma \cdot \left(t - \frac{v \cdot x}{c^2}\right)$$

Contracción de la Longitud

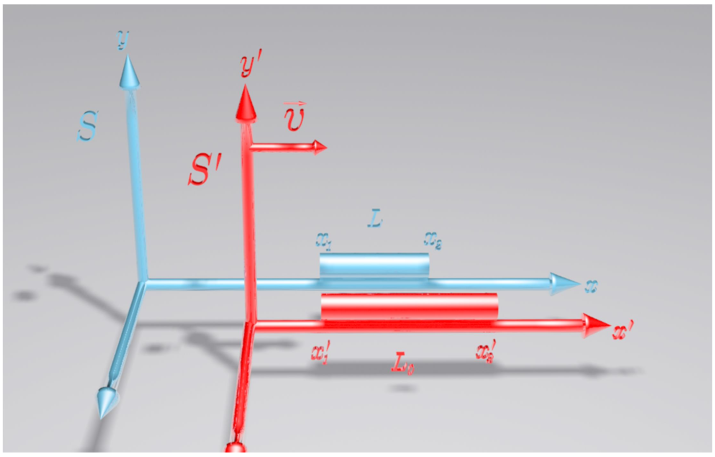
Consideremos un objeto cuya longitud en reposo es L_0. El objeto comienza a moverse con una velocidad, v, respecto a un observador que consideramos en reposo, O. Un segundo observador, O´, se desplaza con el objeto.

La longitud medida por un observador en reposo, L, es menor que la longitud medida por un observador que se mueve con el objeto, L_0.

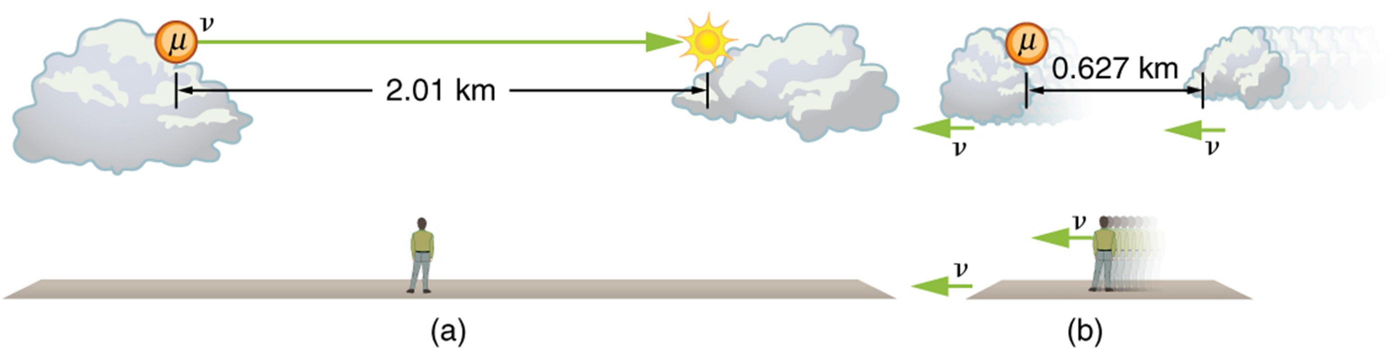
$$\boxed{L = \frac{L_0}{\gamma}}$$

Como $\gamma > 1$ se cumple que $L<L_0$

L_0 es conocida con el nombre de "longitud propia" del objeto.



La contracción sólo se produce en la dirección del movimiento.



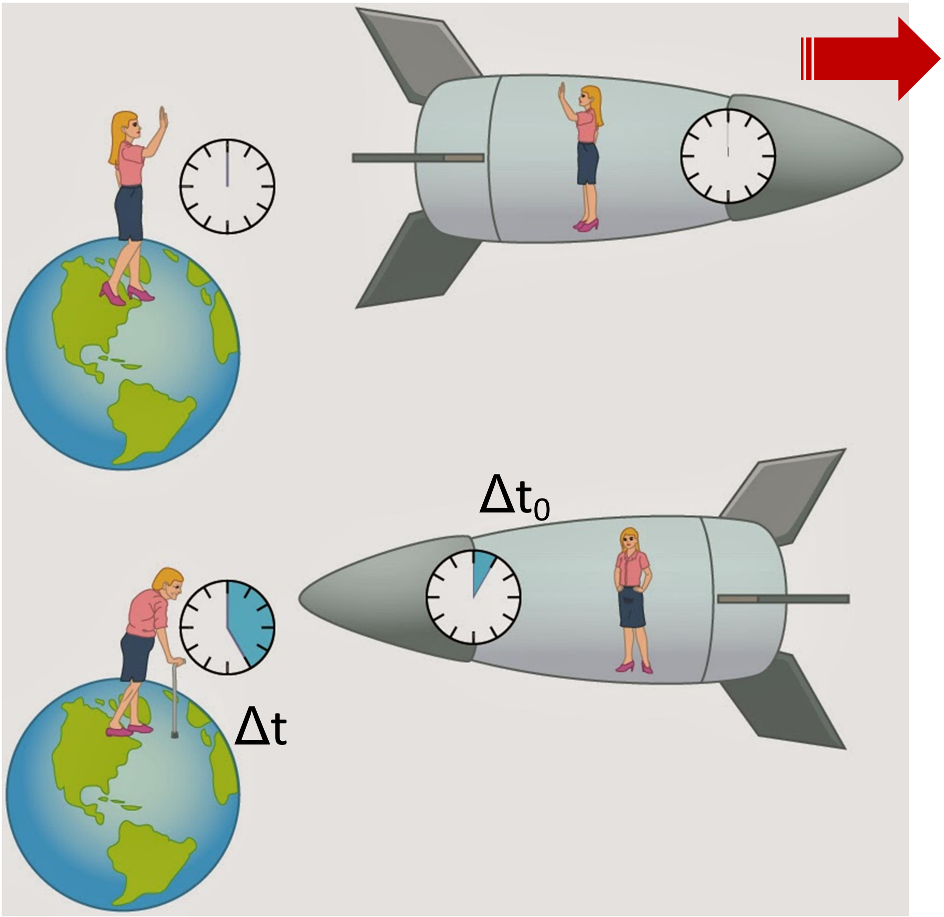
Dilatación del Tiempo

El tiempo transcurrido entre dos sucesos que ocurren en el mismo lugar de un sistema de referencia se denomina "tiempo propio".

El intervalo de tiempo entre dos sucesos tiene mayor duración cuando dichos sucesos ocurren en un sistema de referencia con movimiento relativo respecto a un observador, Δt, que cuando el observador está en reposo respecto del sistema de referencia, Δt_0.

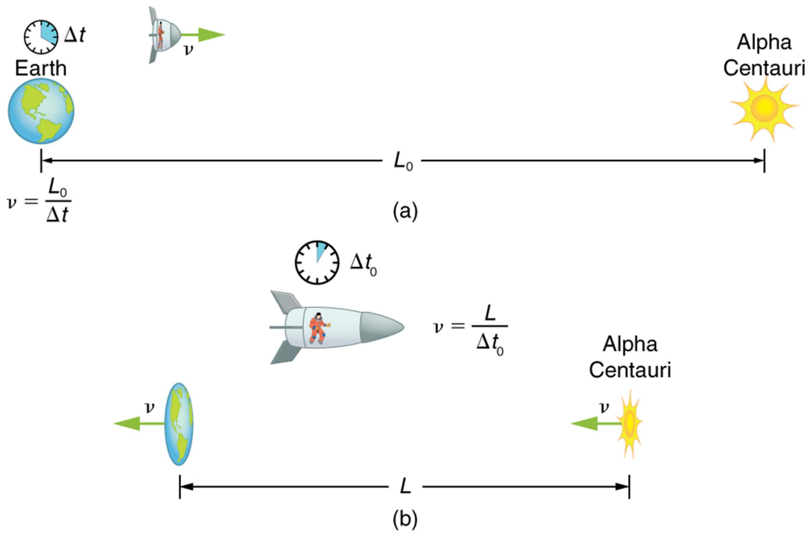
$$\boxed{\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0}$$

Como $\gamma > 1$ se cumple que $\Delta t > \Delta t_0$



Actividad Resuelta| Una nave espacial, cuya longitud propia es de 20 m, viaja desde la Tierra hacia Alfa Centauro con una velocidad de 0,8c. Determinar:

a) La longitud de la nave que medirá un observador en un sistema de referencia en reposo respecto a la nave.
b) El tiempo transcurrido en la Tierra cuando en la nave han transcurrido 30 días.



Calculamos, en primer lugar, el valor del factor de Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{0{,}8\cdot c}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}8^2}} = \frac{1}{0{,}6}$$

La longitud de la nave medida por un observador en reposo:

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{20}{\frac{1}{0{,}6}} = 12\ m$$

El tiempo transcurrido en la Tierra:

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 = \frac{1}{0{,}6} \cdot 30 = 50\ días$$

Actividad Propuesta| Dos gemelos, A y B, tienen 20 años de edad. El gemelo B emprende un viaje espacial de ida y vuelta a una estrella situada a una distancia de 10 años-luz de la Tierra, con una velocidad de 0,99c. Determina la edad de cada uno de los gemelos cuando el gemelo B regrese a la Tierra.

Solución| El gemelo A tendrá 40,20 años y el gemelo B tendrá 22,85 años.

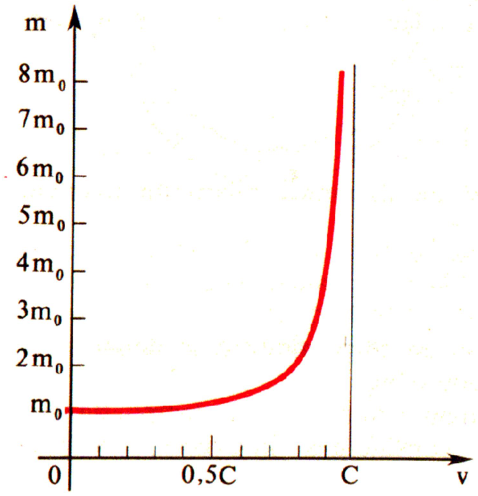
Masa Relativista y Energía Relativista

Principio de Equivalencia Masa-Energía

$$\boxed{m = \gamma \cdot m_0}$$

m_0 es la masa en reposo.

Como $\gamma > 1$ se cumple que $m > m_0$



Consecuencias:

- Para velocidades ordinarias ($v \ll c$) se cumple que $m \approx m_0$
- Al aproximarnos a la velocidad de la luz ($v \approx c$) se cumple que $m \to \infty$

Energía Relativista

$$\boxed{E = m \cdot c^2}$$

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

Energía Cinética Relativista

Principio de Equivalencia Masa-Energía

$$\boxed{\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}}$$

Teoría de la Relatividad Especial

$$\boxed{\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}}$$

$$\boxed{L = \frac{L_0}{\gamma}}$$

$$\boxed{\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0}$$

$$\boxed{m = \gamma \cdot m_0}$$

$$\boxed{E = m \cdot c^2}$$

$$\boxed{\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}}$$