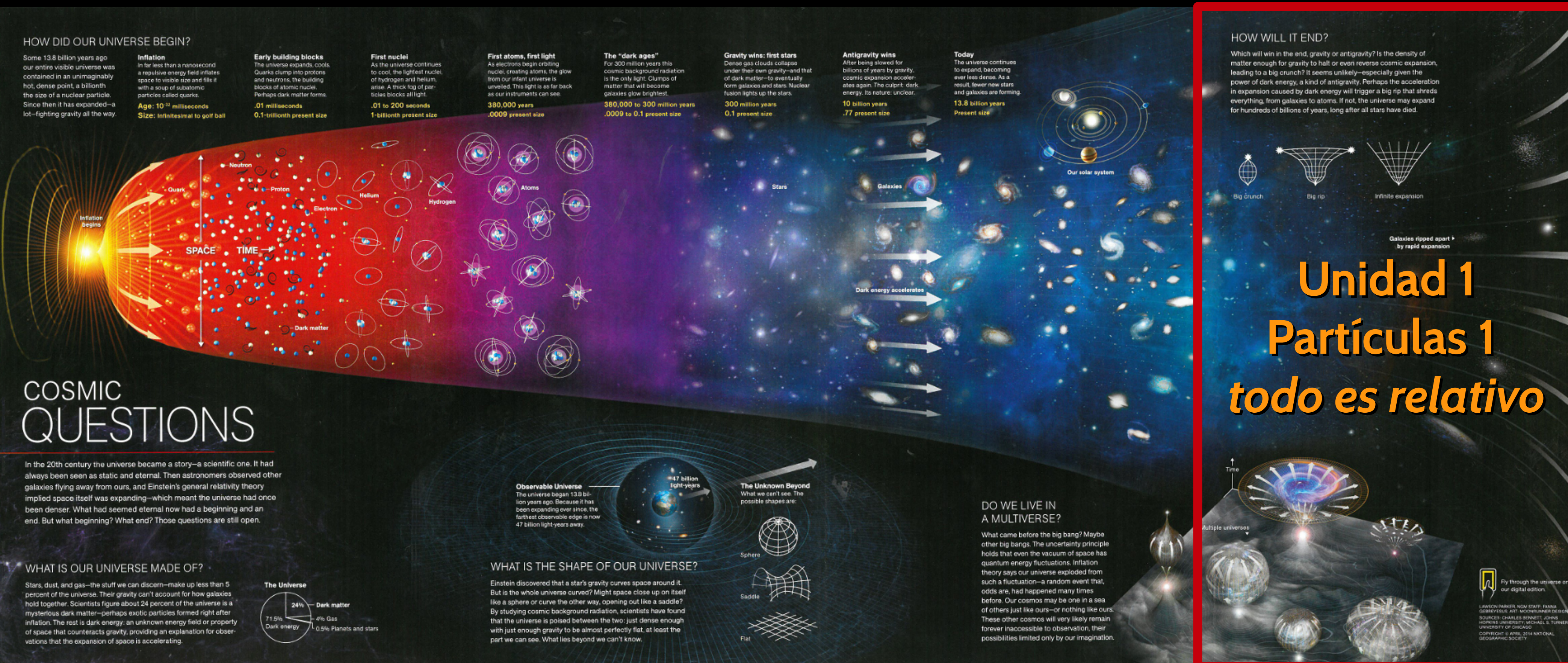
# Universidad Nacional de Río Negro
# Int. Partículas, Astrofísica & Cosmología - 2016

- **Unidad** 01 – Relatividad
- **Clase** 0103 – 03/16
- **Fecha** 25 Ago 2016
- **Cont** Mecánica Relativista
- **Cátedra** Asorey
- **Web** github.com/asoreyh/unrn-ipac
- **Youtube** www.youtube.com/watch?v=vdtZKNhPv1w
- **Archivo** a-2016-U01-C03-0825-mecanica-relativista

# Contenidos: un viaje en el tiempo




**Unidad 1**
**Partículas 1**
***todo es relativo***

# Einstein postula

- **El principio de la relatividad**

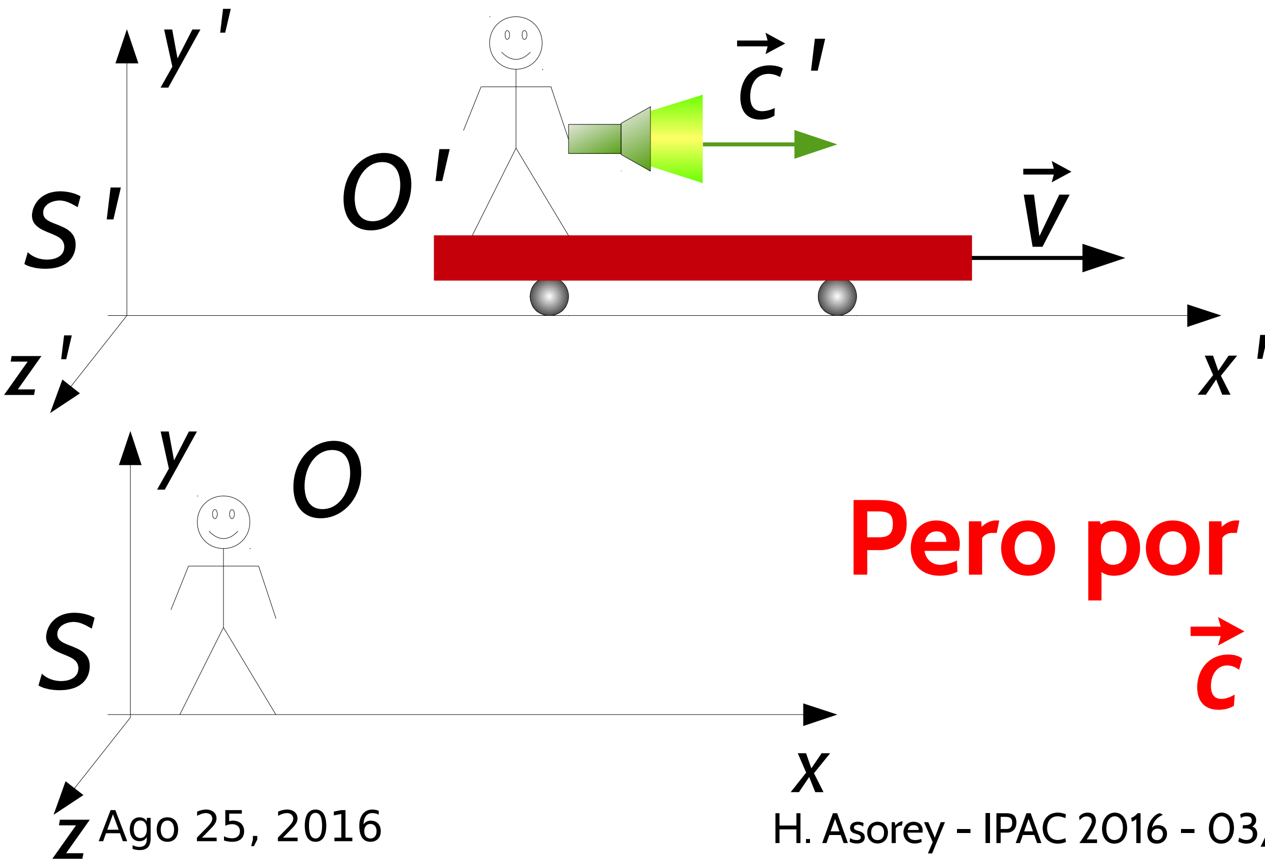
  Las leyes que gobiernan los cambios en los estados de los sistemas físicos son iguales para todos los observadores inerciales

- **El principio de la invariancia de la velocidad de la luz**

  La luz se propaga en el vacío siempre con la misma velocidad, c, sin importar la velocidad de la fuente emisora de luz

# Cambio pelota por linterna verde...

- El primer postulado es claro, es lo que venimos haciendo con Galileo sobre la invariancia.
- ¿Qué pasa con el segundo? Imaginemos lo siguiente:



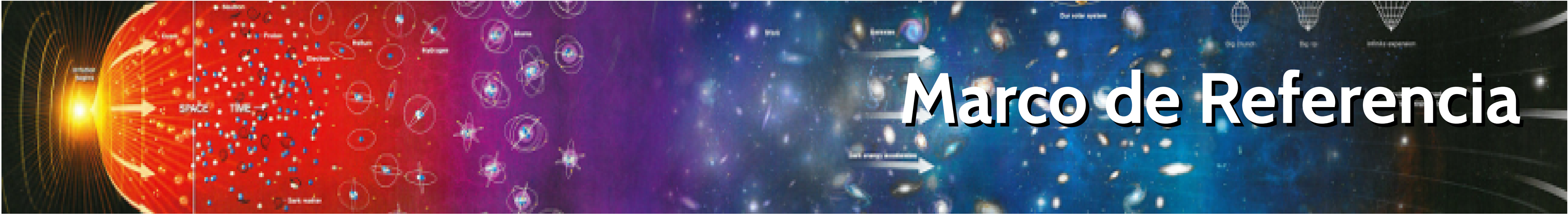

~~Por Galileo:~~

$$\cancel{\vec{c}\,'(t)=\vec{c}(t)-\vec{v}}$$

$$\cancel{\vec{c}(t)=\vec{c}\,'(t)+\vec{v}}$$

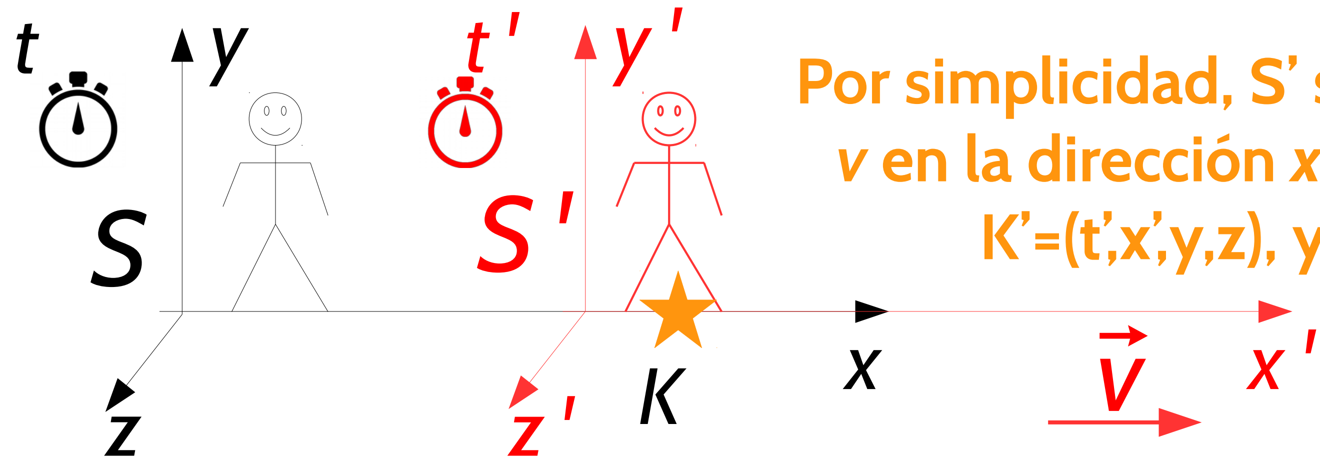
**Pero por el 2do postulado**

$$\vec{c}\,'=\vec{c}=\text{cte}$$



# Marco de Referencia

- **Marco de Referencia**
  sistema de referencia inercial donde existe la habilidad de medir intervalos temporales mediante un reloj
- Espacio (3D) y tiempo → **espaciotiempo**
- **Evento**
  **es un punto en el espaciotiempo** ***K=(t,x,y,z)***




Por simplicidad, S' se mueve con velocidad *v* en la dirección *x*, entonces K=(t,x,y,z) y K'=(t',x',y,z), ya que z'=z e y'=y

# Transformaciones de Lorentz

- Las ecuaciones que transforman dos marcos de referencia, **y que verifican ambos postulados**, son

Recordar que estas transformaciones son válidas para un sistema S’ que se mueve con velocidad *v* en la dirección *x*, entonces K=(t,x,y,z) y K’=(t’,x’,y,z), ya que z’=z e y’=y

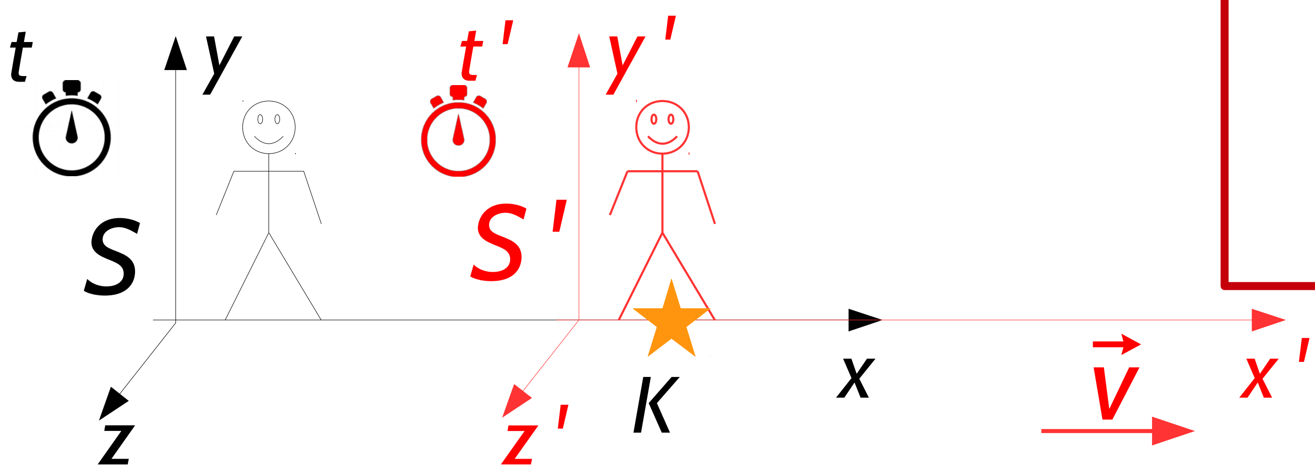
$$t' = \gamma\left(t - \frac{1}{c^2} v\, x\right)$$

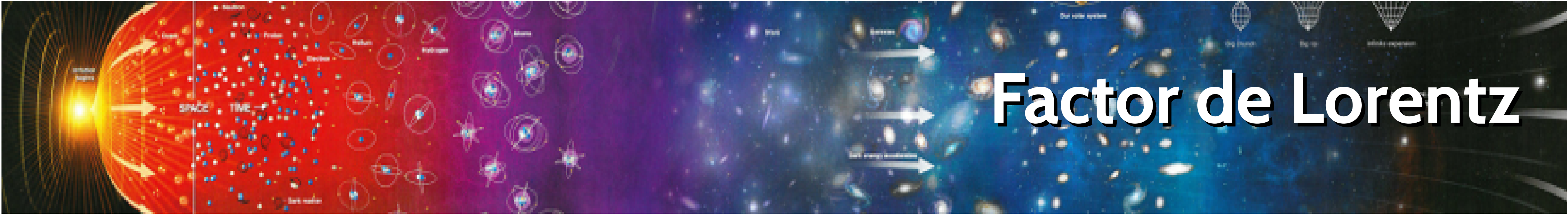
$$x' = \gamma\left(x - v\, t\right)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

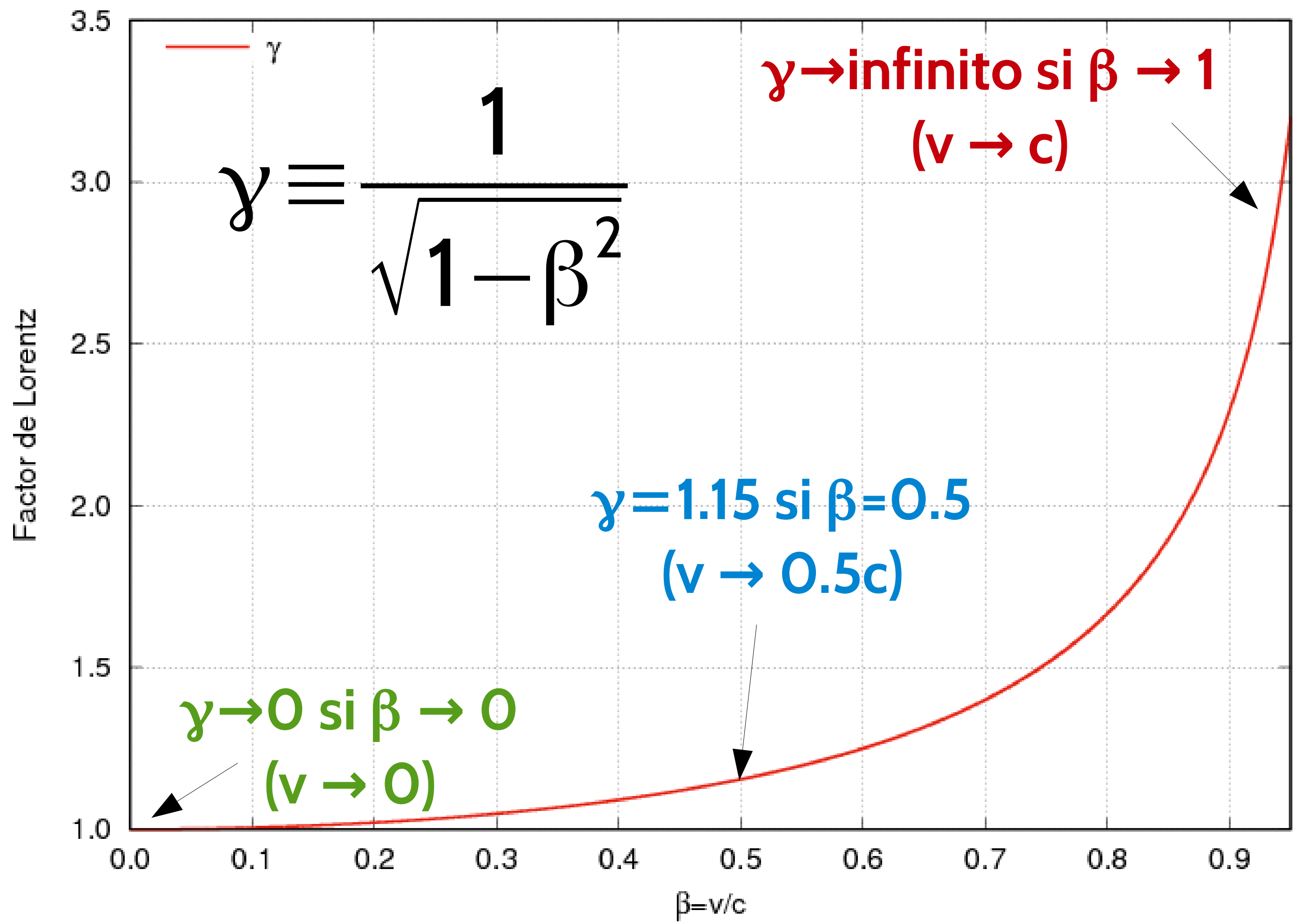
$$\gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad \beta \equiv \frac{v}{c}$$





# Factor de Lorentz

- Estudiemos la función gamma, ecuación (10)



# Aproximación Newtoniana, v → 0

- A velocidades bajas respecto a *c*, $\gamma \rightarrow 1$, las correcciones relativistas son menores, y entonces

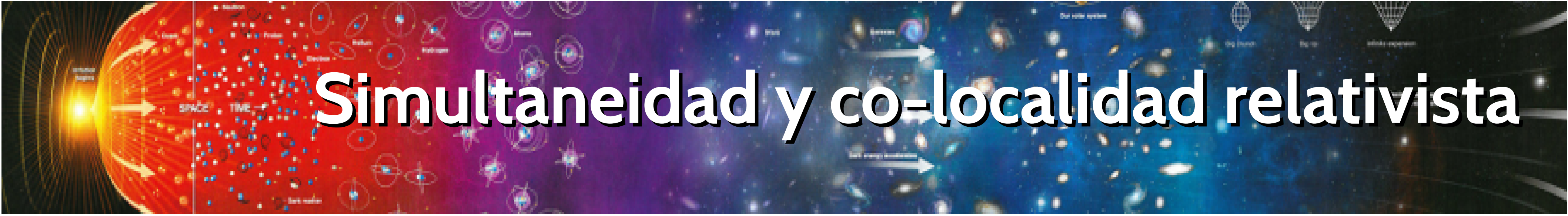
$$t' = \gamma\left(t - \frac{1}{c^2} v\, x\right) \rightarrow t' \simeq t$$

$$x' = \gamma\left(x - v\, t\right) \rightarrow x' \simeq x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

**Si v → 0, ¡las transformaciones de Lorentz tienden a las transformaciones de Galileo!**



# Simultaneidad y co-localidad relativista

$$\Delta t' = \gamma\left(\Delta t - \frac{1}{c^2} v \Delta x\right) \qquad \Delta t = \gamma\left(\Delta t' + \frac{1}{c^2} v \Delta x'\right)$$

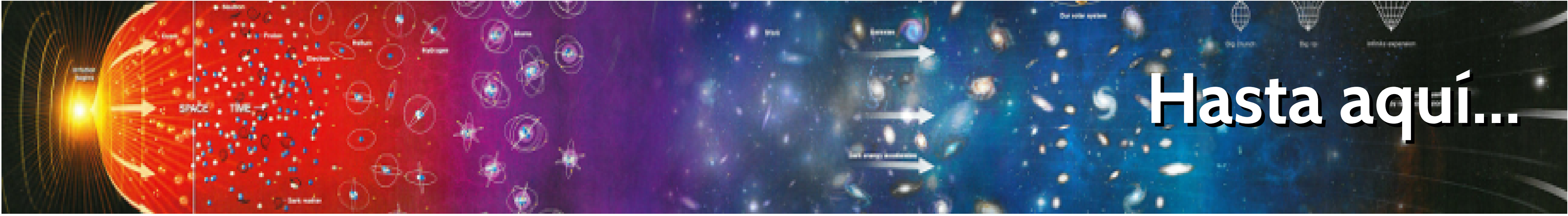
$$\Delta x' = \gamma\left(\Delta x - v \Delta t\right) \qquad \Delta x = \gamma\left(\Delta x' + v \Delta t'\right)$$

## Eventos simultáneos en un marco

$\Delta t = 0, \Delta x \neq 0 \rightarrow \Delta t' \neq 0$ y eventualmente $\Delta x' = 0$

## Eventos co-locales en un marco

$\Delta x = 0, \Delta t \neq 0 \rightarrow \Delta x' \neq 0$ y eventualmente $\Delta t' = 0$



# Hasta aquí...

- Los postulados de Einstein acarrean profundos cambios en nuestra concepción de la Naturaleza. Afectan las nociones de distancia y lapso temporal, de espacio y tiempo
- Las transformaciones de Lorentz indican como transforman las leyes de la física entre dos marcos de referencia inerciales.
- La mecánica Newtoniana es una aproximación válida para velocidades pequeñas respecto a la velocidad de la luz. ¿Cómo puede ser generalizada?

# Dilatación temporal y Contracción espacial

- El lapso de tiempo entre dos eventos no es invariante de un observador a otro en distintos marcos de referencia

$$\Delta t' = \gamma \Delta t \quad \text{para eventos} \quad \Delta x = 0$$

- La distancia espacial entre dos eventos no es invariante de un observador a otro en distintos marcos de referencia

$$\Delta x' = \Delta \frac{x}{\gamma} \quad \text{para eventos} \quad \Delta t' = 0$$

# Regla de suma de velocidades

- Sea un objeto en movimiento en el espaciotiempo.
  - El observador en *S*, mide que el objeto se desplaza a lo largo del eje *x* con velocidad $u=dx/dt$
  - El observador en *S'*, verá que el objeto se mueve con velocidad $u'=dx'/dt'$

$$u'=\frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}} \qquad u=\frac{u'+v}{1+\frac{u'v}{c^2}}$$

Si $u \ll c \Rightarrow u' \simeq u-v$. Si $u=c \Rightarrow u'=c$