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

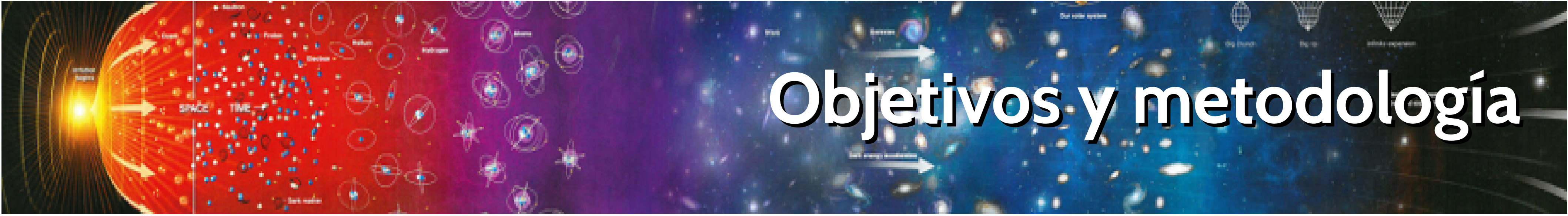
- **Unidad** 01 – Relatividad
- **Clase** 0101
- **Fecha** 11 Ago 2016
- **Cont** Presentación, introducción, relatividad
- **Cátedra** Asorey
- **Web** github.com/asoreyh/unrn-ipac
  www.facebook.com/fisicareconocida/
- **Youtube** www.youtube.com/watch?v=iFaJhcclDpo
- **Archivo** a-2016-U01-C01-0811-introduccion-relatividad-1

Presentación

Colegas contando algunas experiencias

- Hernán Asorey
  ‹hasorey@unrn.edu.ar› ‹asoreyh@gmail.com›
  - Centro Atómico Bariloche e Instituto Balseiro:
    Investigador Laboratorio Detección Partículas y Radiación (LabDPR)
    líneas: Aplicaciones de Detectores de Partículas: Meteorología Espacial, Muongrafía de Volcanes, Física Médica
  - UNRN
    Profesor Asociado, Física 1 A; **Introducción a la Física de Partículas, Astrofísica y Cosmología (IPAC)**

Charla abierta



Objetivos y metodología

- **Objetivos**
  - **Adquirir una perspectiva del estado actual de la Física de Partículas, la Astrofísica y la Cosmología, a un nivel introductorio y que produzca las herramientas para su implementación en el aula de escuelas medias.**
- **Metodología (orientada al trabajo grupal)**
  - Clases interactivas, virtuales y presenciales
  - Prácticas en clase y en casa

Puntos de contacto

- Las clases:
  - Jueves 21 a 23 (HA)
  - Una hora a definir
- La Bibliografía:
  - Depende de la unidad
  - Apuntes de clase
  - Wikipedia

http://www.facebook.com/groups/fisicareconocida

IPAC2016

Formas de Aprobación...

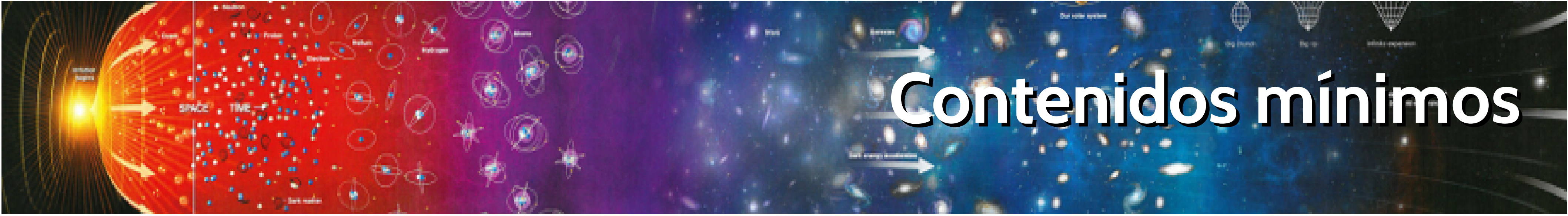
- **Evaluación continua (60%)**
  - Participación en clases y laboratorios
  - Entrega de prácticos
- **Trabajo final integrador, junto con Didáctica de la Física 2 (40%)**
- **Promoción, cumpliendo todas estas condiciones:**
  - Entrega del 100% de los prácticos en tiempo y forma, cumpliendo con las fechas pactadas
  - Entrega del 100% de los informes en tiempo y forma, cumpliendo con las fechas pactadas
  - Nota Evaluación Continua > 7.9
  - Dispone de un (y sólo un) "comodín" para las entregas

Formas de Aprobación...

Levante su mano derecha y repita conmigo

Yo, (su nombre aquí), he entendido claramente las condiciones de promoción, las comprendo en toda su profundidad, lo tendré en cuenta para las entregas, y no solicitaré excepciones

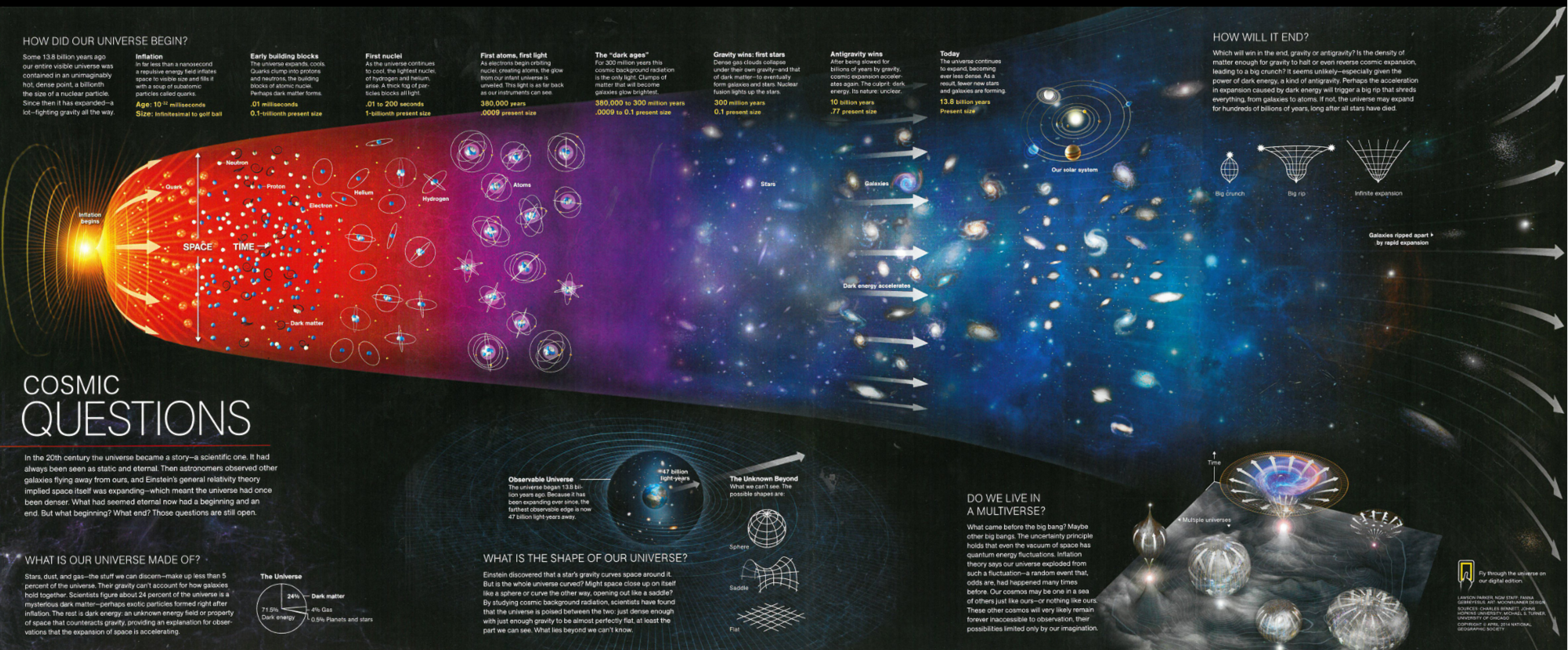
- Evaluación continua (70%)
  - Participación en clases y laboratorios (40%)
  - Entrega de prácticos (30%)
  - Evaluaciones parciales (30%)
- Evaluación final integradora (30%)
- **Promoción**, cumpliendo todas estas condiciones:
  - Entrega del 100% de los prácticos en tiempo y forma, cumpliendo con las fechas pactadas
  - Entrega del 100% de los informes en tiempo y forma, cumpliendo con las fechas pactadas
  - Nota Evaluación Continua > 7.9
  - Dispone de un (y sólo un) "comodín" para las entregas



Contenidos mínimos

- **Los contenidos mínimos según su plan:**
  Estrellas y galaxias. Evolución de las estrellas nacimiento y muerte de las estrellas. Relatividad general: gravedad y la curvatura del espacio. El universo en expansión. El Big-Bang y el fondo cósmico de microondas. El modelo estándar cosmológico. Los primeros tiempos del universo

Contenidos: un viaje en el tiempo



Contenidos: un viaje en el tiempo

Unidad 4
El Big Bang
Allá lejos y hace tiempo

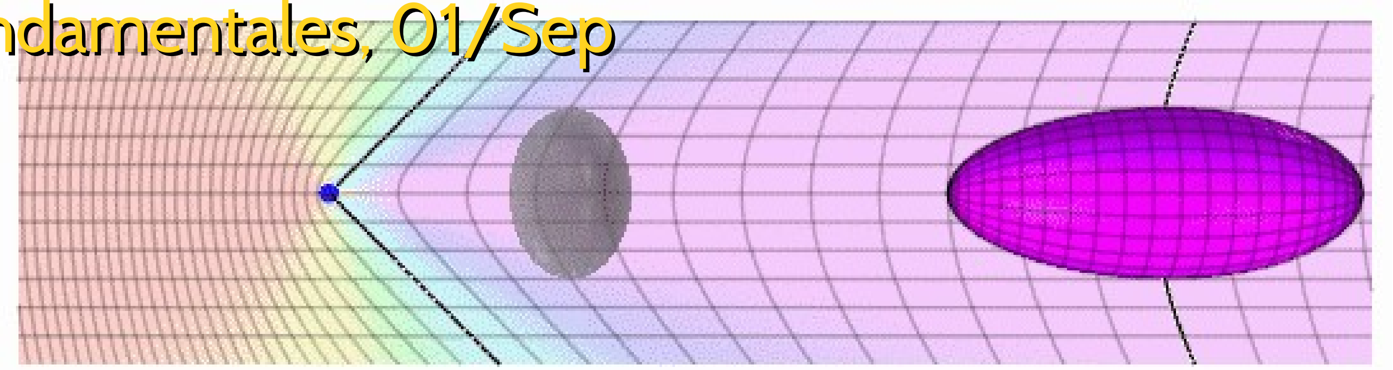
Unidad 3
Cosmología
No es lo que se ve
Sino lo que se palpa

Unidad 2
Astrofísica
Cálido y frío

Unidad 1
Partículas 1
todo es relativo

U1: Todo es relativo (11/Ago – 01/Sep)

- Relatividad Especial
  - Introducción, 11/Ago
  - Cinemática y Dinámica Relativista, 18/Ago
- Física de Partículas, 1ra parte
  - Planck, Bosones y Fermiones, 25/Ago
  - Modelo de Fermi, 25/Ago
  - Ec. de Klein-Gordon y Dirac, 01/Sep
  - Interacciones fundamentales, 01/Sep



U2: Cálido y Frío (08/Sep – 29/Sep)

- Estrellas
  - Radiación de Cuerpo Negro, 08/Sep
  - Modelo del Politropo de Lane-Emdem, 08/Sep
  - Ley de Eddington, Clasificación estelar, Diagrama H-R, 15/Sep
  - Objetos Compactos y evolución estelar, 15/Sep
- Planetas
  - Planetas y Exoplanetas, 22/Sep
  - Zona de Habitabilidad, Vida en el Universo: Astrobiología, 22/Sep
- Galaxias
  - Modelos y formación, 29/Sep
  - Ejemplos: La Vía Láctea, Otras Galaxias, GalaxyZoo(*), 29/Sep

U3: no es lo que se ve, sino lo que se palpa (06/Oct – 27/Oct)

- Relatividad General
  - Introducción y conceptos básicos, 06/Oct
  - Modelo de Friedman-Lemaître-Robertson-Walker, 13/Oct
  - El error de Einstein, 13/Oct
- Modelos del Universo
  - Formación de estructuras, 20/Oct
  - Midiendo distancias, 20/Oct
  - Corrimiento al rojo, 27/Oct
  - El universo en expansión, 27/Oct

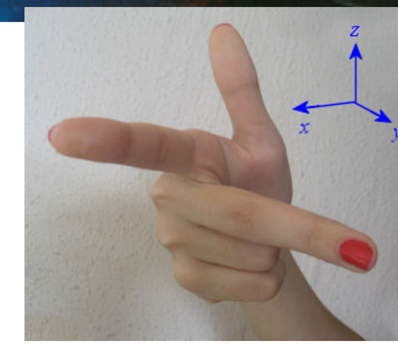
U4: Allá lejos y hace tiempo (03/Nov – 24/Nov)

- El modelo cosmológico estándar
  - Modelo de Alpher, Bethe & Gamow, 03/Nov
  - El fondo de microondas, 03/Nov
  - Modelo ΛCDM, 10/Nov
- Historia térmica del universo
  - El Big Bang, 10/Nov
  - Primeros segundos del universo, 17/Nov
  - Épocas térmicas de tiempo, inflación, recombinación, 17/Nov
  - Evolución futura del universo, 24/Nov
  - ¿El fin?, 24/Nov

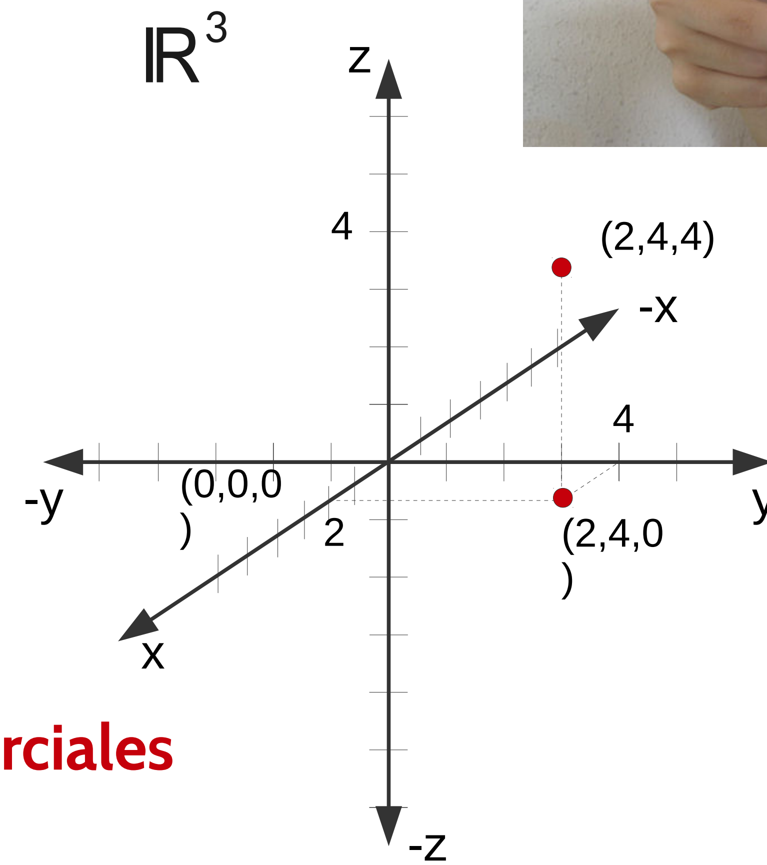
U1: Todo es relativo (11/Ago - 01/Sep)

- ¿Marco de referencia?
-
-
- ¿Marco de referencia inercial?
-
-
-

Marco de referencia

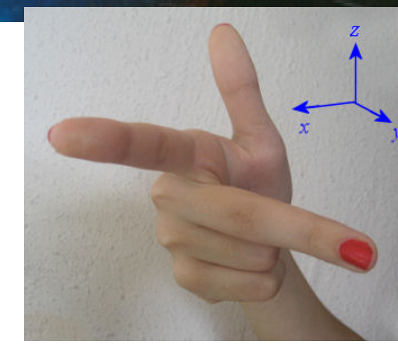


- **Marco de referencia**
  - Sistema de coordenadas que fija la posición de objetos físicos de manera unívoca (localización y orientación)
  - Existe un conjunto de medidas estandarizadas (una regla)
  - Distintos tipos:
    - Fijos al cuerpo, fijos al espacio, **inerciales** y no inerciales

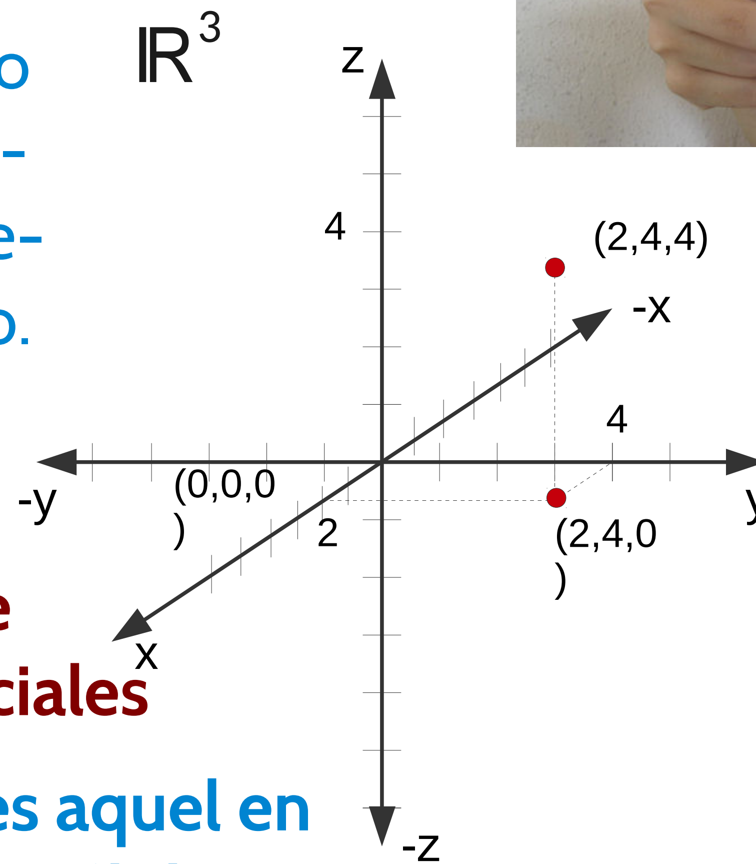


3-tupla: (x,y,z)

Marco de referencia inercial



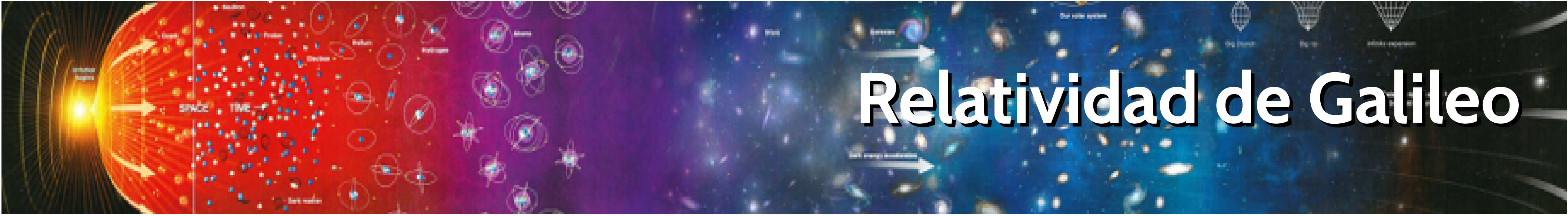
- **Marco de referencia incercial**
  - Describe el espacio homogenea (no hay lugares privilegiados) e isotrópicamente (no hay direcciones privilegiadas) e independiente del tiempo.
  - Las leyes físicas tienen la “misma forma” en todo sistema inercial. Decimos que la física es **covariante frente a cambios de sistemas inerciales**
  - **Un sistema de referencia inercial es aquel en el que la primera ley de Newton es válida.**



3-tupla: (x,y,z)

U1: Todo es relativo (11/Ago - 01/Sep)

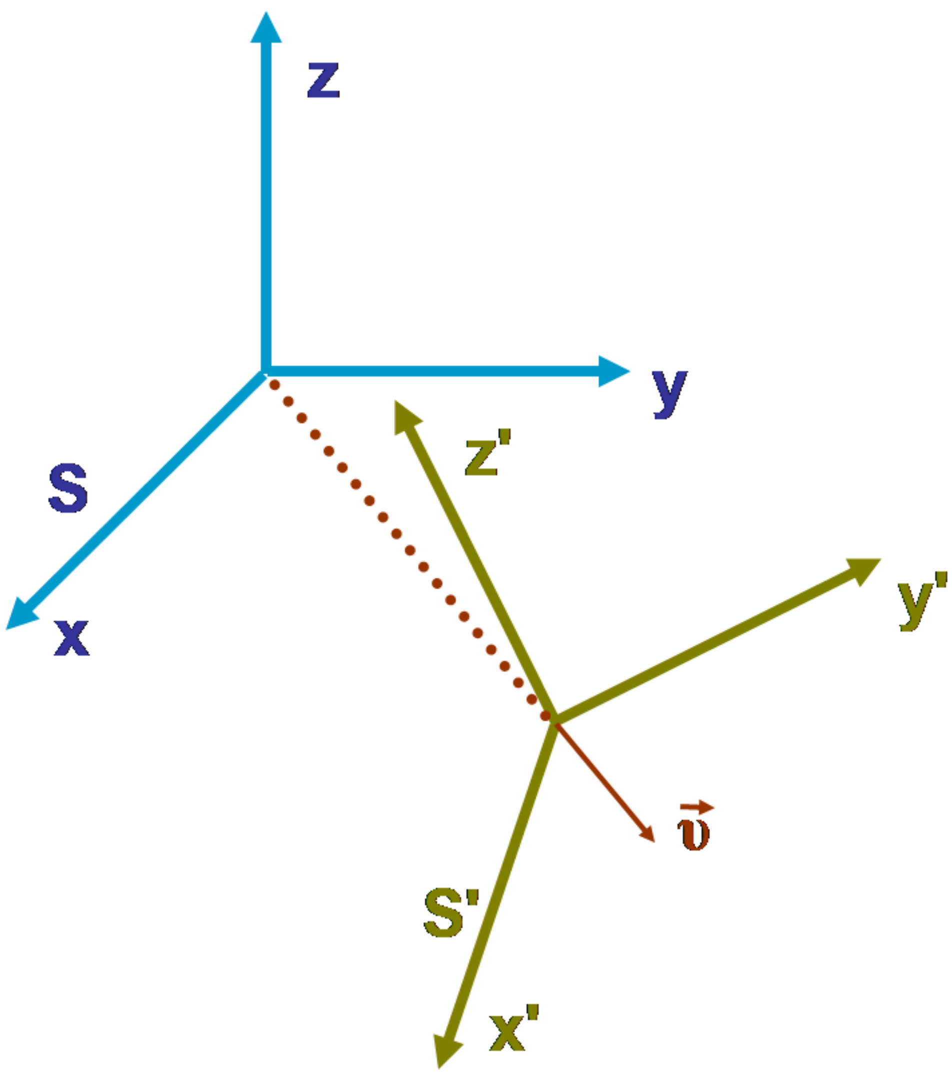
- ¿Qué es la relatividad?
-
-
- ¿Quién la descubrió?
-
-
-



Relatividad de Galileo

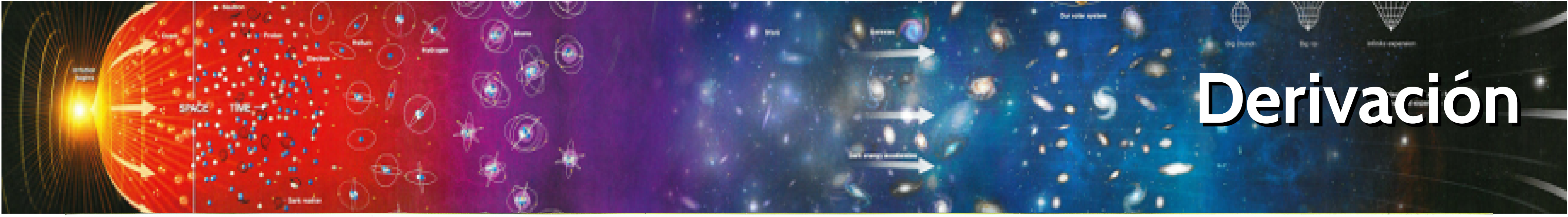
- Si la ley de la inercia es válida, las aceleraciones son provocadas sólo por fuerzas internas, no externas (p. ej. un sistema rotante)
- **El tiempo y el espacio están claramente desacoplados** (¡vida diaria!)
- **Las leyes de la mecánica son invariantes en el tiempo**
  - **→ El espacio es absoluto**
  - **→ Todos los sistemas inerciales comparten el mismo tiempo**
- No hay forma de "saber" si estamos en movimiento
  - Propongan un ejemplo ahora

Relatividad de Galileo

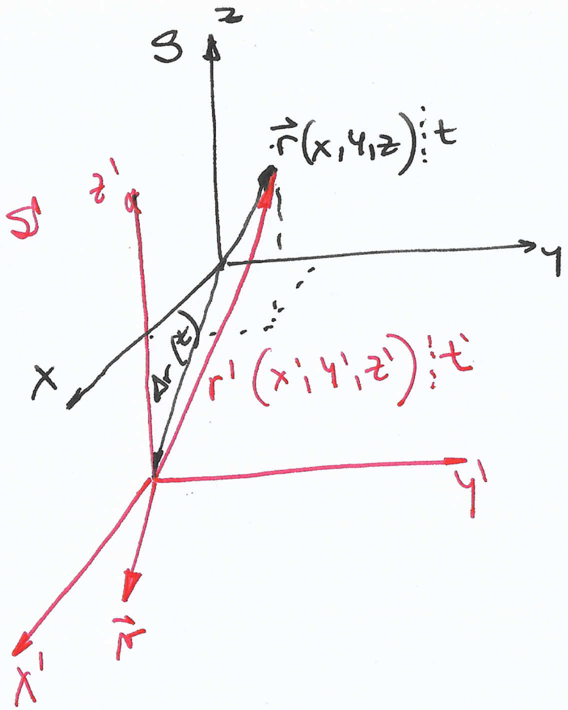


- Sea un sistema S' que se mueve con velocidad constante v respecto a otro sistema S.
- Luego, un objeto en r, a tiempo t en S, tendrá posición r'(t) dada por:

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



Derivación



Ahora bien, por (2º) postulado

$$t = t'$$

y por (1) en algún momento t_0

$$\vec{O}(t_0) = \vec{O}'(t_0) \Rightarrow \vec{r}(t_0) = \vec{r}'(t_0)$$

Eso ocurrió hace un tiempo $(t - t_0)$

$\Rightarrow$ En ese tiempo, S' se desplazó $\Delta\vec{r}(t) = \vec{v}\cdot(t - t_0)$

Luego a tiempo t, y visto desde S

$$\vec{r}(t) - \vec{r}'(t) = \Delta\vec{r}(t)$$

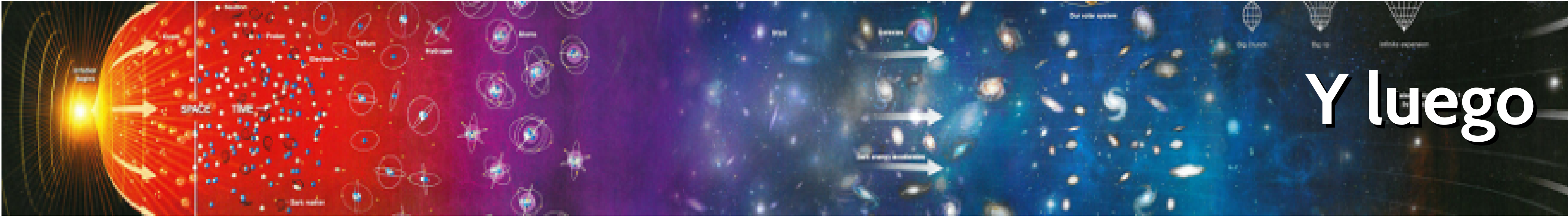
$$\Rightarrow \vec{r}'(t) = \vec{r}(t) - \Delta\vec{r}(t)$$

$$\Rightarrow \vec{r}'(t) = \vec{r}(t) - \vec{v}(t - t_0)$$

Haciendo $t_0 = 0 \Rightarrow$.

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

$$\boxed{\vec{r}'(t) = \vec{r}(t) - \vec{v}\,t}$$



Y luego

Entonces.

Si el objeto en r(t) se está moviendo, en S' será:

Recordar $\vec{v} = cte$

$$\vec{u}'(t) = \frac{d}{dt} r'(t) = \frac{d}{dt}\left(\vec{r}(t) - \vec{v}\,t\right) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} - \vec{v}$$

$$\Rightarrow u'(t) = \vec{u}(t) - \vec{v} \Rightarrow \boxed{u'(t) = \vec{u}(t) - \vec{v}}$$

Regla de velocidades

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

Si el objeto se acelera ⇒ Su aceleración $\vec{a}(t)$ vista desde S' será: $= \vec{a}(t)$

$$\vec{a}'(t) = \frac{d}{dt}\vec{u}'(t) = \frac{d}{dt}\left(\vec{u}(t) - \vec{v}\right) = \frac{d\vec{u}(t)}{dt} - \cancel{\frac{d\vec{v}}{dt}}^{\,0}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{a}'(t) = \vec{a}(t)}$$

Aceleración iguales !!

$$\vec{a}\,'(t) = \vec{a}(t)$$

Pero entonces... Invariancia de Galileo

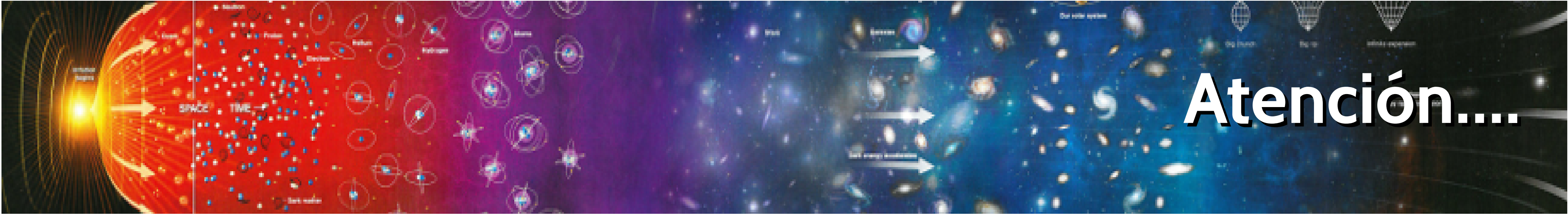
- Este último resultado es crucial, ya que si

$$\vec{a}\,'(t)=\vec{a}(t)$$

- Y suponemos que la masa *m* es un invariante, *m=m'*

$$m\vec{a}\,'(t)=m\vec{a}(t)\Rightarrow\vec{F}\,'(t)=\vec{F}(t)$$

- ¡La segunda ley de Newton no cambia frente a cambios entre sistemas de referencias inerciales! (la primera ya valía)
- **Si las leyes de la mecánica valen en un marco inercial, valen en todos**



Atención....

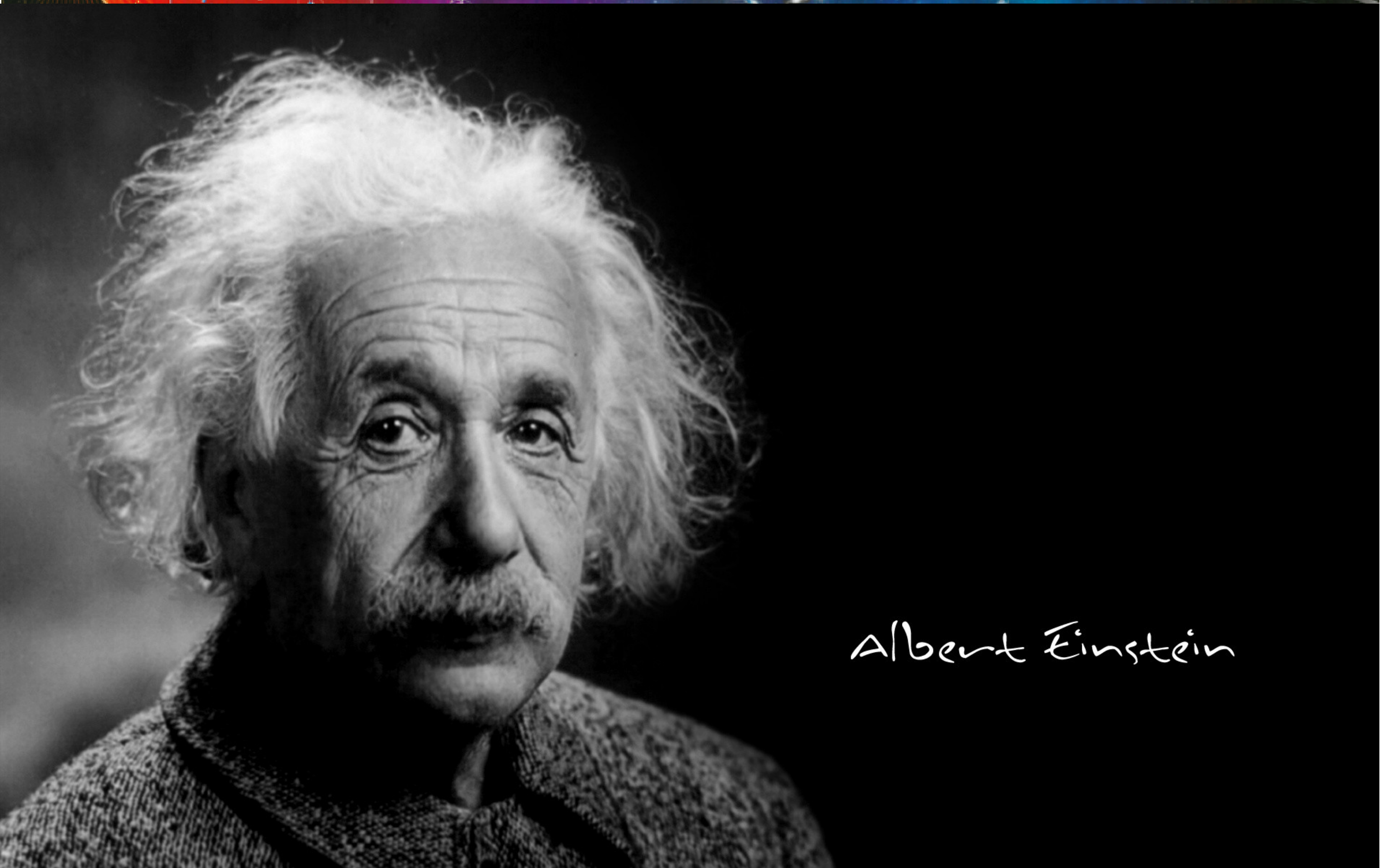
- Para llegar a este importante resultado, dimos por sentado algo que no es trivial:

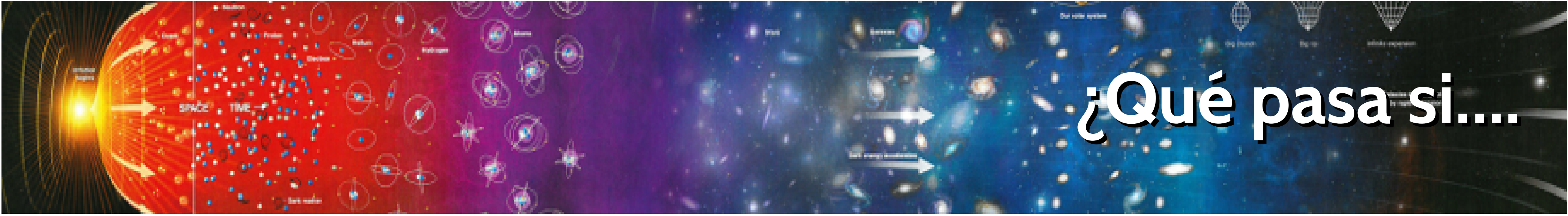
En todos los casos, derivamos respecto a t, ya que en Galileo,
$t=t' \rightarrow dt = dt'$

- Esto parece obvio, pero ¡no lo es!
- Y además, sólo vale para las leyes de Newton, en el electromagnetismo, esto no vale (→ F-4B)

→ Transformaciones de Lorentz (ya vienen)

El genial Albert Einstein





¿Qué pasa si....

- Ondas mecánicas necesitan un medio
  → Ondas electromagnéticas también → Éter
- Hay una fuerte inconsistencia entre las leyes de Newton y las leyes de Maxwell
- Michelson & Morley (1887) querían medir la velocidad del "viento del éter" (la Tierra se mueve a una velocidad de 30km/s ~ 0.0001 c) → **fallan estrepitósamente...**
- ... y esto es un **éxito rotundo**: demuestran que no hay necesidad de plantear la existencia del éter
- Pero además, vieron que la velocidad de la luz era la misma

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 invarianza de la velocidad de la luz

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