

FÍSICA MODERNA I

FÍSICA RELATIVISTA

Prof. Jorge Rojo Carrascosa

www.profesorjrc.es

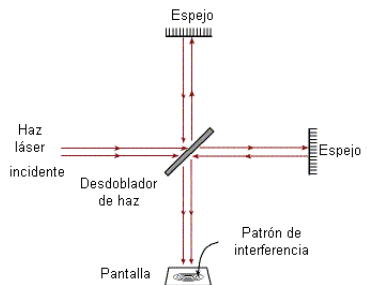
- Movimiento Absoluto \Rightarrow **éter**
- Unificación del electromagnetismo y la óptica \Rightarrow Maxwell
- Velocidad de la luz, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

EXPERIMENTO DE MICHELSON-MORLEY

INTERFERÓMETRO DE MICHELSON-MORLEY

Consecuencias del experimento:

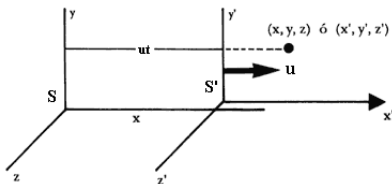
- 1 Éter en reposo relativo
- 2 c isotrópica en cualquier S.R.



TRANSFORMACIONES DE GALILEO

POSICIÓN

$$\vec{r}' = \vec{r} - \vec{u}t \Rightarrow \begin{cases} x' = x - ut \\ y' = y \\ z' = z \end{cases}$$



VELOCIDAD

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \Rightarrow v' = v - u \Rightarrow \begin{cases} v'_x = v_x - u \\ v'_y = v_y \\ v'_z = v_z \end{cases}$$

ACELERACIÓN

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow a' = a \Rightarrow \begin{cases} a'_x = a_x \\ a'_y = a_y \\ a'_z = a_z \end{cases}$$

La posición y la velocidad son magnitudes relativas

POSTULADOS DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL

- 1 Las Leyes de la naturaleza son invariantes para todos los SRI.
- 2 La velocidad de la luz es invariante en todos los SR.

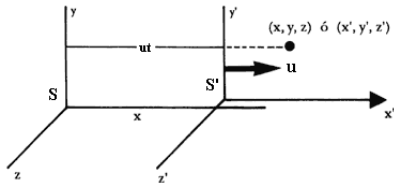
$$v = \frac{\text{espacio}}{\text{tiempo}} \Rightarrow \text{ajustar el espacio y el tiempo}$$

TRANSFORMACIONES RELATIVISTAS

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad r'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 \quad \text{siendo } r = ct$$

$$(*) \begin{cases} c^2 t^2 = x^2 + y^2 + z^2 \\ c^2 t'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 \end{cases}$$

$$x' = \gamma(x - ut) \quad t' = \gamma(t - bx/c^2)$$



TRANSFORMACIONES DE LORENTZ

$$\left\{ \begin{array}{l} x' = \gamma(x - ut) = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \\ t' = a(t - bx) = \frac{t - \frac{ux}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \end{array} \right. ; \quad y' = y ; \quad z' = z$$

Siendo $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$ el factor de Lorentz con valor mayor a la unidad.

TRANSFORMACIONES DE LORENTZ INVERSAS

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \gamma(x' + ut') = \frac{x' + ut'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \\ t = a(t' + bx') = \frac{t' + \frac{ux'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \end{array} \right. ; \quad y = y' ; \quad z = z'$$

DEFINICIÓN DE VELOCIDAD

$$v_x = \frac{dx}{dt} ; v_y = \frac{dy}{dt} ; v_z = \frac{dz}{dt} ; v'_x = \frac{dx'}{dt'} ; v'_y = \frac{dy'}{dt'} ; v'_z = \frac{dz'}{dt'}$$

DIFERENCIAL DE CADA MAGNITUD

$$dx' = \gamma(dx - udt) = \gamma(v_x - u)dt \quad ; \quad dy' = dy \quad ; \quad dz' = dz$$

$$dt' = \gamma\left(dt - u\frac{dx}{c^2}\right) = \gamma\left(1 - \frac{uv_x}{c^2}\right)dt$$

EXPRESIONES RELATIVISTAS DE LA VELOCIDAD

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - \frac{uv_x}{c^2}} \quad ; \quad v'_y = \frac{v_y}{\gamma\left(1 - \frac{uv_x}{c^2}\right)} \quad ; \quad v'_z = \frac{v_z}{\gamma\left(1 - \frac{uv_x}{c^2}\right)}$$

Estas ecuaciones permiten comprobar la validez del segundo postulado (c invariante)

CONTRACCIÓN DE LORENTZ Ó CONTRACCIÓN ESPACIAL

Las distancias disminuyen con el movimiento relativo

$$L = x_2 - x_1 = \gamma(x'_2 + ut) - \gamma(x'_1 + ut) = \gamma(x'_2 - x'_1) = \gamma L'$$

$$L' = L \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

Siendo L la longitud propia o longitud en el SR en reposo.

DILATACIÓN DEL TIEMPO

El intervalo de tiempo medido en un SR no solidario es siempre mayor.

$$\Delta t' = \gamma \Delta t = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

Δt se denomina tiempo propio.

POSTULADOS EN LA DINÁMICA RELATIVISTA

- 1 Las Leyes han de resultar invariantes para las TL.
- 2 Si $u \ll c$ las expresiones Newtonianas son correctas.

MASA INERCIAL

$$\boxed{p = mu = m_0\gamma u} \Rightarrow \boxed{m = m_0\gamma = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}}$$

Cuanto mayor es la velocidad mayor es la masa de la partícula

ENERGÍA TOTAL

A partir de la masa inercial y desarrollando en serie γ llegamos:

$$\boxed{m_0\gamma c^2 = m_0c^2 + E_c}$$

- Energía total relativista $\boxed{E = m_0\gamma c^2 = mc^2}$
- Energía en reposo $\boxed{E = m_0c^2 = E_0}$
- Principio de equivalencia masa y energía $\boxed{\Delta E = \Delta mc^2}$

¿Qué ocurre si no estamos en Sistemas de Referencia Inerciales?

PRINCIPIO DE EQUIVALENCIA

$$m_{inercial} = m_{gravitatoria}$$

- La luz sufre cambios de dirección cerca de \vec{g}
- La masa de los cuerpos generan una curvatura del espacio.
- El tiempo forma una cuarta dimensión \Rightarrow continuo espacio-tiempo.
- Geometría no euclidiana.

