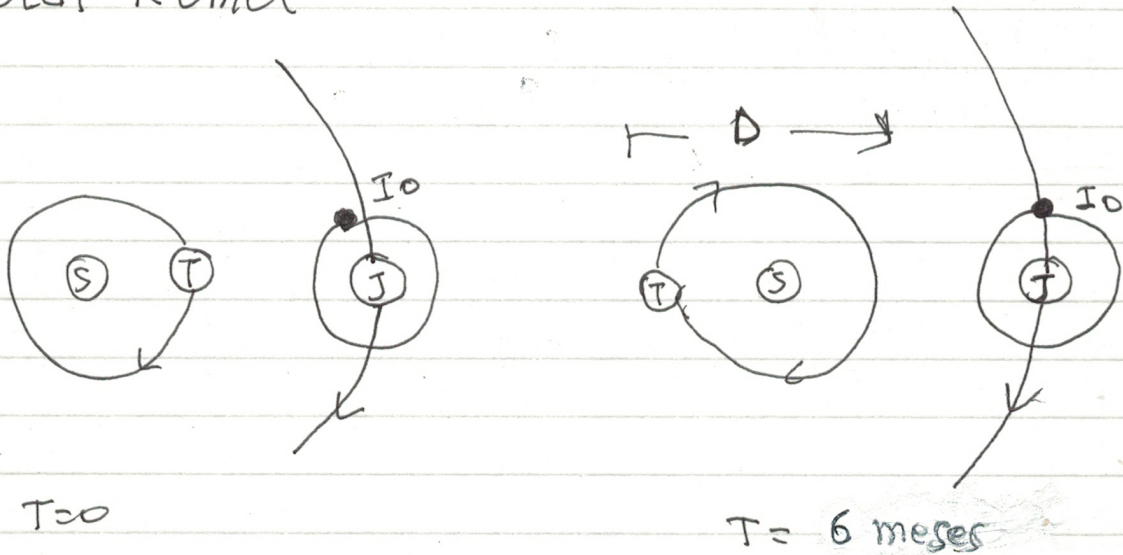


La velocidad de la luz es finita

1676: Olef Römer



se observó un retraso de 22 min., atribuible a una
 cuando $D \approx 293.000.000 \text{ km}$ distancia "extra"

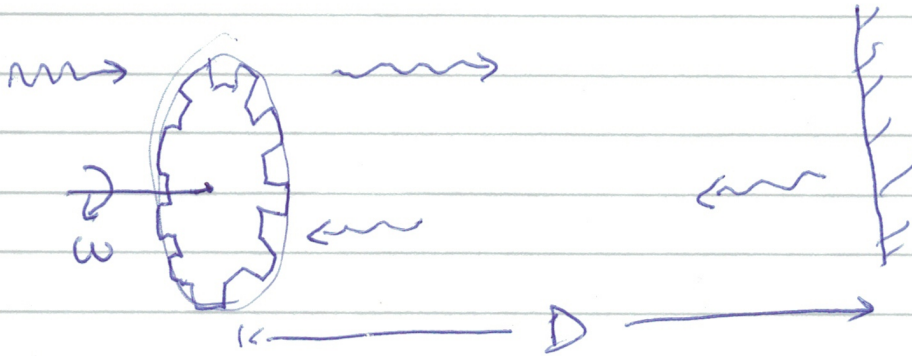
$$\Rightarrow c \approx 222.000 \text{ km/s}$$

Muy alta!

$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$ coefic. dilatac. ediab. γ gases 331 m/s	$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ mod. de Young E sólidos 6400 m/s	$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ mod. compresibilidad K líquidos 1593 m/s
--	---	---

$c \gg 1$ implicaría la $\exists$ de un medio con $\rho \ll 1$: ETER

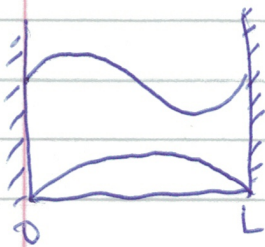
Medición Directa (Fizeau) 1849.



conociendo D , # dientes y ω

$$\Rightarrow c = 313.000 \text{ (cm/s)}$$

1946 : L. Essen & A.C. Gordon-Smith



cavidad
resonante

$$c = \lambda f$$

λ, f medidos independiente.

$$c = 299.792 \text{ (km/s)}.$$

Maxwell: velocidad de ondas electromagneticas

$$c = 1/\sqrt{\epsilon_0 * \mu_0} = 1/(1.257 \cdot 10^{-6} \times 8.854 \cdot 10^{-12}) = 2.9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La Teoría de la Relatividad

Mecánica: lo que se observa es el cambio de posición de un cuerpo c/n a otro. No parece haber forma de observar mov. c/n a un sist. de referencia "absoluto".

Luz = onda electromagnética (Maxwell) $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

→ ¿cuál es el medio sobre el que viaja la luz? se le llamó "éter luminífero". No posee masa, No ofrece resistencia al mov. de cuerpos materiales a través de él.

[sin embargo la luz si interactúa con la materia; p.ej, la presión de radiación]

suponiendo que

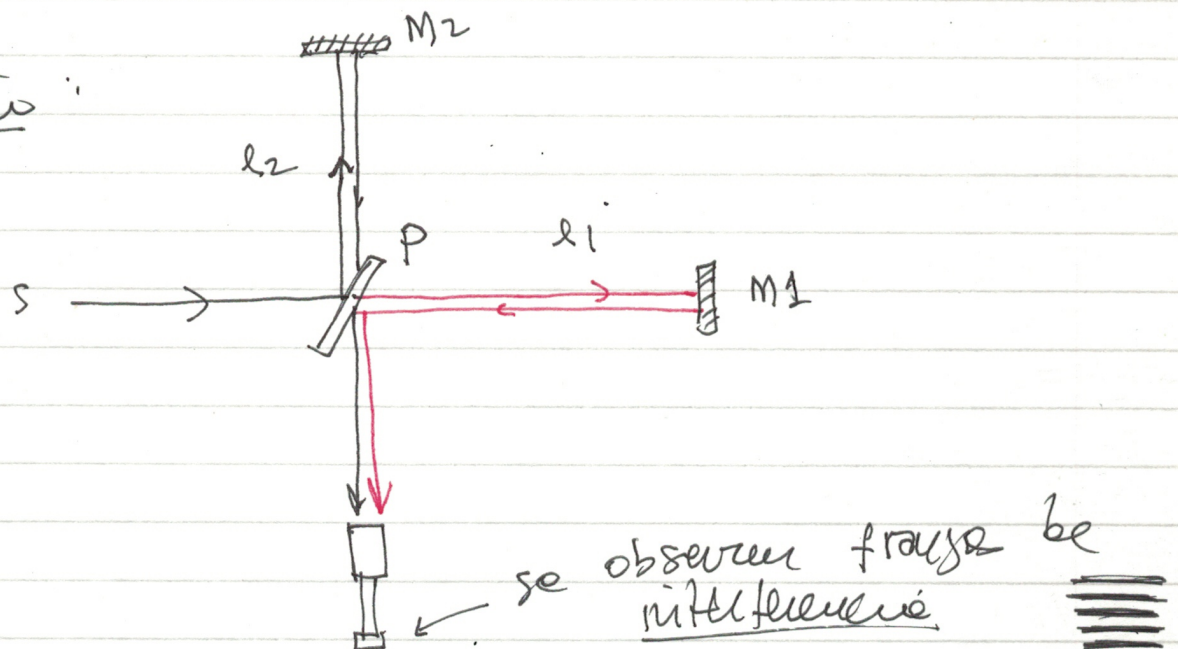
en un medio

la veloc. de una onda dep. de las prop. del medio

⇒ la veloc. de la luz c es c/n al "éter" ⇒ si se mide la veloc. de la luz desde un cuerpo en mov. c/n al "éter", este debería diferir de c .

El experimento de Michelson-Morley

Interferómetro:

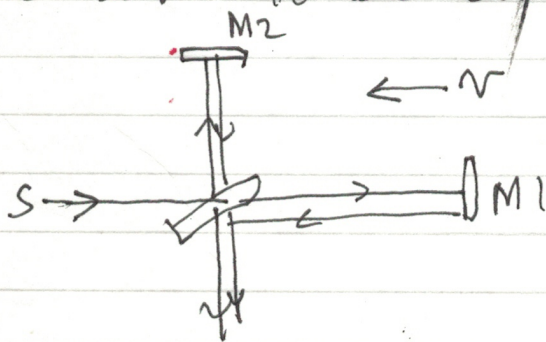


$2(l_1 - l_2) = m\lambda$ interferencia constructiva
(franja brillante)

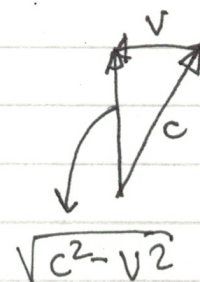
$2(l_1 - l_2) = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$ interferencia destructiva
(franja oscura)

Interferómetro puede detectar cambios en el camino óptico del orden de $\lambda \rightarrow$ muy preciso

T. en mov. ch el éter $\Rightarrow$ "brisa" de éter.



Lab:



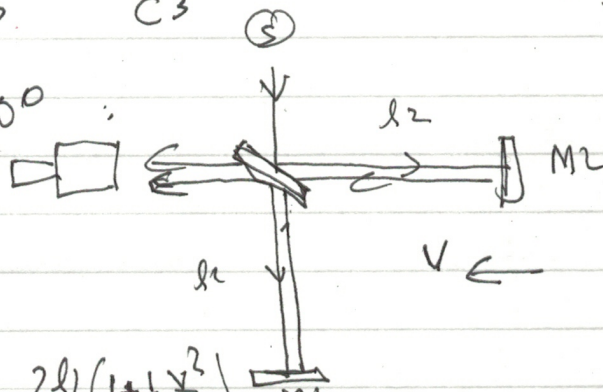
$$PM2: t_2 = \frac{2l_2}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2l_2/c}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

$$PM1: t_1 = \frac{l_1}{c-v} + \frac{l_1}{c+v} = \frac{2cl_1}{c^2 - v^2} = \frac{2l_1/c}{1 - (v/c)^2}$$

$$\Delta \equiv t_1 - t_2 \approx \frac{2l_1}{c} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) - \frac{2l_2}{c} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$\Delta \approx \frac{2(l_1 - l_2)}{c} + \frac{2l_1 v^2}{c^3} - \frac{l_2 v^2}{c^3} \quad (1)$$

Rotar el aparato 90°



$$t_1' = \frac{2l_1}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2l_1/c}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \approx \frac{2l_1}{c} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$t_2' = \frac{l_2}{c-v} + \frac{l_2}{c+v} = \frac{2l_2/c}{1 - (v/c)^2} \approx \frac{2l_2}{c} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$\Delta' \equiv t_1' - t_2' = \frac{2(l_1 - l_2)}{c} + \frac{l_1 v^2}{c^3} - \frac{2l_2 v^2}{c^3}$$

$$\delta = \frac{c}{\lambda} (\Delta - \Delta') = \frac{2(v/c)^2}{\lambda/l}$$

[cambio de fase
de franjas = 0.44]
prediccion

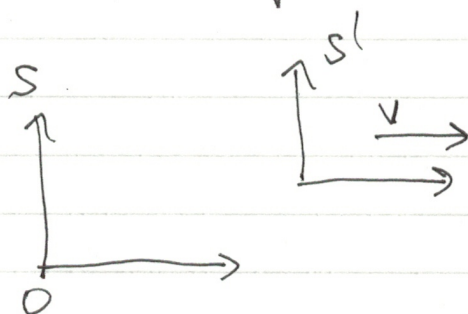
NO SE OBSERVO CORRIMIENTO $\Rightarrow$ Tiene en reposo ch del éter
 $\lambda = 500 \times 10^9$ $l = 11 \text{ m}$
 Nobol 1907 (interferómetro)

sist. inercial · sist. de ref. libre de fuerzas externas, se mueve con veloc. constante. Dado un objeto

Principios de relatividad Newtoniana

Las leyes de la mecánica son las mismas en todos los sist. inerciales → ya notado por Galileo.

En de transf. Galileanas



$$x' = x - vt \quad (\text{y } x = x' + vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

$$u_x' = u_x - v \quad (\text{y } u_x = u_x' + v)$$

$$a_x' = a_x$$

(1)

Sea F la fuerza entre 2 cuerpos sup., $F_{12} = f(x_2 - x_1)$

En el sist. S , $f(x_2 - x_1) = m_2 a_2$

(2)

En el sist. S' , tenemos $F_{12}' = f(x_2' - x_1')$

(2')

$$= f(x_2 - vt - (x_1 - vt)) = f(x_2 - x_1) = F_{12}$$

(3)

por otro lado, $m_2' = m_2$ (escalares)

y $a_2' = a_2$

∴ (2') queda $f(x_2' - x_1') = m_2' a_2'$

o sea $\boxed{F_{12}' = m_2' a_2'} \quad (3')$

ley de mov. Newtoniana se invierte por la T. G.

Lo anterior no ocurre si $F_{12} = f(x_2^2 - x_1^2)$ por ef. ^(observado)

sin embargo, no se han hallado fuerzas de este tipo en la naturaleza.

Einstein y el tiempo.. tiempo es lo que mide un reloj

- Reloj mecánico
- Rotación de la tierra
- Luz de moléculas de amoníaco en un MASER
- Cristal de cuarzo
- una población de partículas radiactivas
- El pulso

Postulados de Einstein

- (1) Todos los sist. inerciales son equivalentes con todas las leyes de la Física
- (2) la veloc. de la luz en el vacío siempre tiene el mismo valor c .

Evidencia de consistencia

- (i) El exp. de Michelson - Morley
- (ii) El exp. de Kennedy - Thorndike (1932)
 - Diferentes long. para los brazos del interferómetro
 - El aparato estuvo fijo en el lab., y se observaron los efectos de interferencia durante varios meses
 - no se observó ningún cambio
- (iii) Mov. aparente de estrellas binarias

