

## Michelson - Morley kísérlet

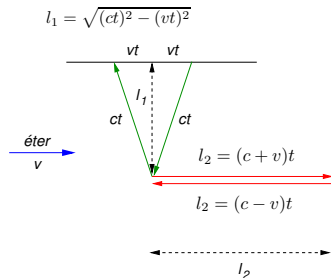
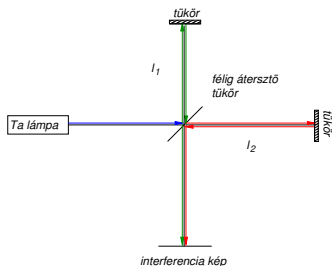


Albert Abraham Michelson  
(1852 - 1931)  
1907 Nobel díj



Edward Williams Morley  
(1838 - 1923)

## Milyen sebességgel mozgunk az éterhez képest?



Az éterrel párhuzamosan:

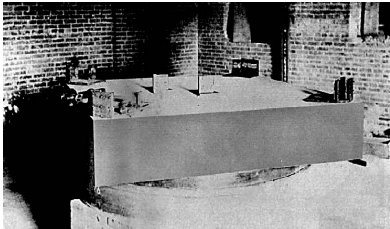
$$t_2 = \frac{l_2}{c+v} + \frac{l_2}{c-v} = \frac{2l_2}{c} \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx \frac{2l_2}{c} \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right)$$

Az éterre merőlegesen

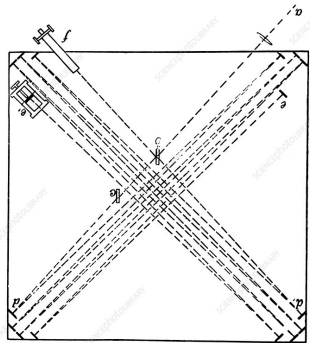
$$t_1 = \frac{2l_1}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2l_1}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \approx \frac{2l_1}{c} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right)$$

$$\Delta = c(t_2 - t_1) = l \frac{v^2}{c^2}$$

# Michelson-Morley eredeti kísérlete

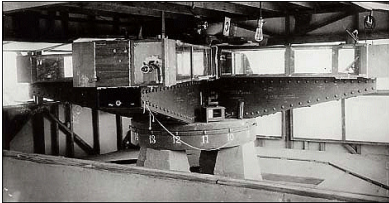


Az eredeti kísérlet fényképe  
1887-ből

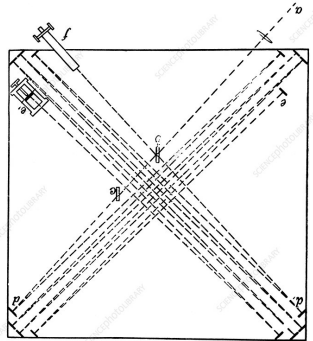


A kísérlet vázlatos képe

# Michelson-Morley eredeti kísérlete



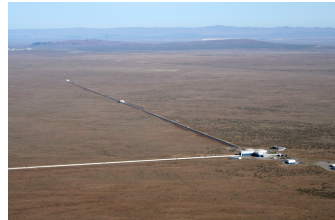
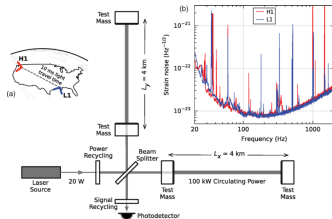
Morley and Miller's 1905 Interferometer  
Sited at high altitude, Mount Wilson, California  
Photo: Case Western Reserve Archive



A kísérlet vázlatos képe

# A világ legnagyobb Michelson interferométere

## LIGO, Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory



# Állandó fénysebesség

A fénysebesség állandó és izotróp! Hogyan válasszuk meg a  $\kappa$  állandónkat? A fénysebesség  $\mathcal{K}$ -ban és  $\mathcal{K}'$ -ben is ugyanakkora:

$$\begin{pmatrix} t' \\ ct' \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 + \kappa v^2}} \begin{pmatrix} 1 & \kappa v \\ -v & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ ct \end{pmatrix}$$

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 + \kappa v^2}} (1 + \kappa v c) t, \quad ct' = \frac{1}{\sqrt{1 + \kappa v^2}} (c - v) t$$

$$c = \frac{c - v}{1 + \kappa v c}, \quad \kappa c^2 = -1$$

$$\begin{pmatrix} t' \\ x' \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{v}{c^2} \\ -v & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \end{pmatrix}$$

# Lorentz transzformáció

$$\begin{pmatrix} ct' \\ x' \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{v}{c} \\ -\frac{v}{c} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \end{pmatrix}$$





Lehet-e nagyobb sebessége valaminek, mint a fény sebessége:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s?}$$

(Mozgó fénypont a holdon.)

Az információ, a kölcsönhatás két részecske között nem terjedhet gyorsabban mint a fény!

# Lorentz kontrakció

A  $\mathcal{K}$  rendszerben egy  $l$  hosszúságú rúd nyugalomban van. Mekkora hosszát mérünk egy másik inerciarendszerben?

**egyik végpont:** mindkét rendszerben a közös origóban van.

**másik végpont:**  $\mathcal{K}'$ -ben a koordinátái  $(0, l')$ ,  $\mathcal{K}$ -ban  $(t, l)$ . Abban a rendszerben, ahol a mérést végezzük a két végpont egy időben van.

$$\begin{pmatrix} 0 \\ l' \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{v}{c} \\ -\frac{v}{c} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ l \end{pmatrix}$$

$$ct = \frac{v}{c}l, \quad l' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(l - vt) \Rightarrow \quad l' = l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Loerntz kontrakció

$$l' = l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

## Idő dilatáció

Legyen az órák  $\mathcal{K}'$  origójában! Mennyi idő telik el a  $\mathcal{K}$  rendszerben? A koordináták a két rendszerben:

$$\begin{array}{cc} \mathcal{K} & \mathcal{K}' \\ (ct', 0) & (ct, vt) \end{array}$$

$$\begin{pmatrix} ct' \\ 0 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{v}{c} \\ -\frac{v}{c} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ vt \end{pmatrix}.$$

$$ct' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( ct - \frac{v^2}{c} t \right), \quad t' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t$$

A mozgó rendszerben gyorsabban telik az idő, mint az álló rendszerben!

### Idő dilatáció

$$t' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t$$