

Fisica Relativistica

SPATARO EMANUELE

Equazioni di Maxwell

$$\left\{ \begin{array}{ll} \vec{\nabla} \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} & \text{(legge di Gauss)} \\ \vec{\nabla}_x \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} & \text{(legge di Faraday-Neumann-Lenz)} \\ \vec{\nabla} \vec{B} = 0 & \text{(assenza di monopoli magnetici)} \\ \vec{\nabla}_x \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} & \text{(legge di Ampère-Maxwell)} \end{array} \right.$$

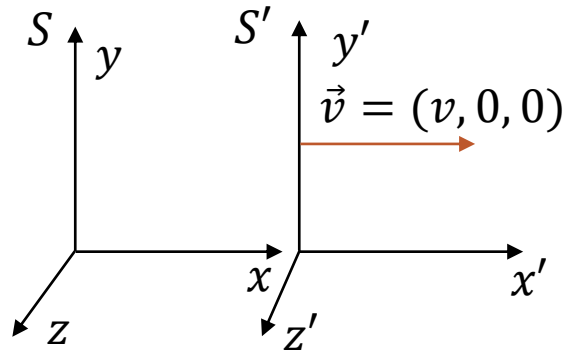
Nel vuoto $\rho = 0, \vec{j} = \vec{0}$.

$$\vec{\nabla} \vec{E} = 0 \quad \vec{\nabla}_x \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \vec{\nabla} \vec{B} = 0 \quad \vec{\nabla}_x \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Una generica componente di \vec{E} o di \vec{B} obbedisce all'equazione delle onde di D'Alembert.

$$\nabla^2 \xi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = 0 \quad (\xi = E_x, E_y, E_z, B_x, B_y, B_z)$$

S e S' sistemi di riferimento inerziali in moto relativo con velocità \vec{v} .



Trasformazioni di Galileo per passare da S a S'

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

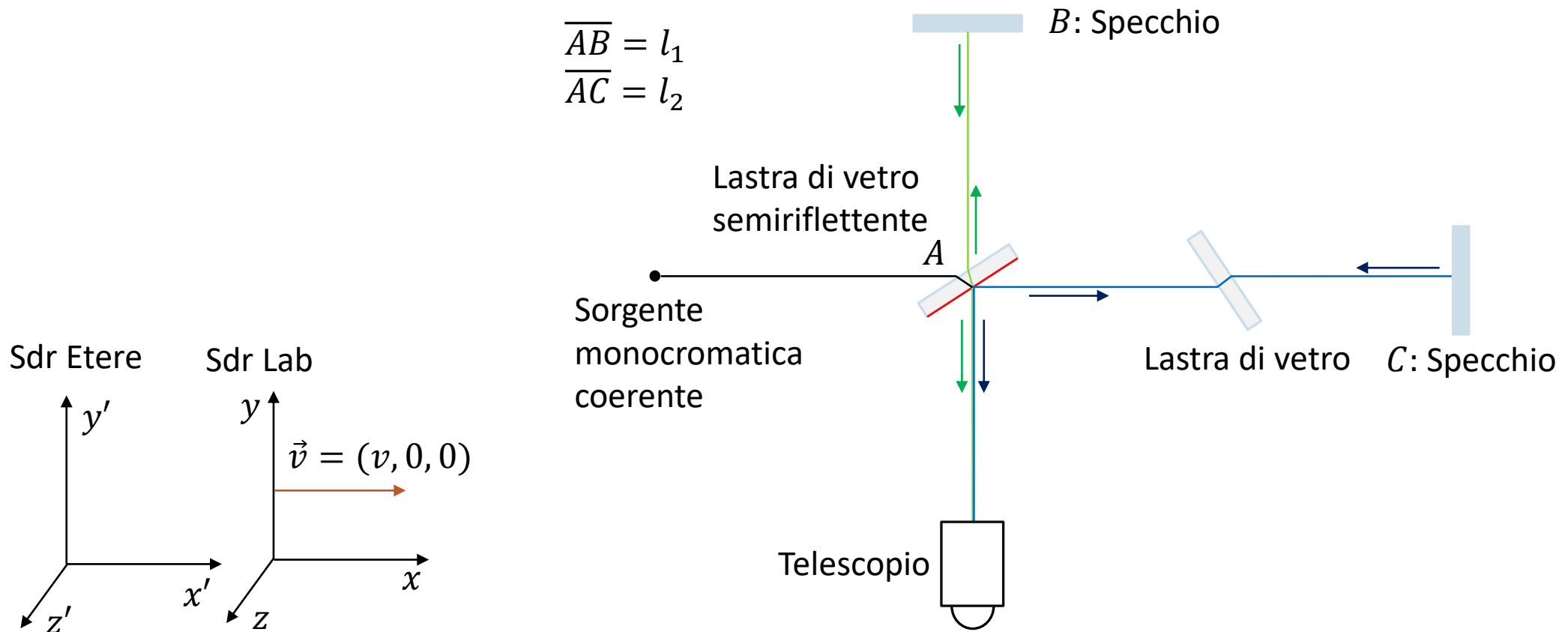
L'equazione di D'Alembert delle onde elettromagnetiche **non** è invariante per trasformazioni di Galileo:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x'} \\ \frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y'} \\ \frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z'} \end{cases} \quad \frac{\partial}{\partial t} = -v \frac{\partial}{\partial x'} + \frac{\partial}{\partial t'}$$

$$E'_x = E_x = \xi$$

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = 0 \quad \longrightarrow \quad \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \frac{\partial^2 \xi}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z'^2} + \frac{2v}{c^2} \frac{\partial \xi}{\partial x' \partial y'} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t'^2} = 0$$

Esperimento di Michelson e Morley



Differenza tra il tempo impiegato del raggio superiore a percorrere \overline{AB} e \overline{BA} e il tempo impiegato dal raggio orizzontale a percorrere \overline{AC} e poi \overline{CA} :

$$\delta t = t_{ACA} - t_{ABA} = \frac{2l_2}{c} \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \frac{2l_1}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2}{c} (l_2 - l_1) + \frac{v^2}{c^3} (2l_2 - l_1) + o\left(\frac{v^2}{c^2}\right)$$

Non conosciamo la velocità della terra rispetto all'etere, pertanto non possiamo valutare la variazione della figura d'interferenza rispetto all'assenza del vento d'etere.

Ruotiamo l'apparato sperimentale di 90° e valutiamo come cambia la figura di interferenza; per semplicità imponiamo $l_2 = l_1 = L$.

$$\begin{cases} \delta t \cong \frac{v^2}{c^3} L \\ \delta t^{90^\circ} \cong -\frac{v^2}{c^3} L = -\delta t \end{cases}$$

$$\Delta\varphi = v(\delta t - \delta t^{90^\circ}) = \frac{2L}{\lambda} \frac{v^2}{c^2}$$

Spostamento delle frange dopo aver ruotato di 90° l'apparato rispetto alla condizione iniziale

Nel 1887 Michelson e Morley utilizzarono: $\lambda = 590 \text{ nm}$, $L = 11 \text{ m}$, $v \cong 30 \text{ km/s}$.
Spostamento $\Delta\varphi$ atteso di 0.4 frange ma spostamento misurato nullo (entro i limiti sperimentali).

Conclusioni

- 1) la Terra è ferma rispetto all'etere (non c'è vento d'etere); l'etere è rigidamente attaccato alla Terra.
- 2) Il braccio dell'interferometro nella direzione del moto dell'etere si accorcia (contrazione di Lorentz-FitzGerald).
- 3) L'etere non esiste:
 - a) La velocità della luce è la medesima in tutte le direzioni indipendentemente dalla velocità della sorgente che la emette.
 - b) La velocità della luce nel vuoto diventa una quantità fondamentale.