Fisica Relativistica

ORALE

Equazioni di Maxwell

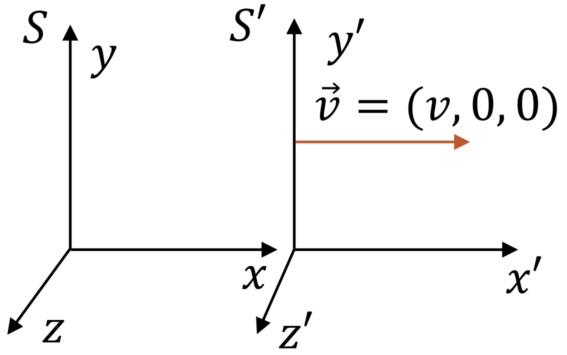
$$\begin{cases} \vec{\nabla}\vec{E} = \dfrac{\rho}{\varepsilon_0} & \text{(legge di Gauss)} \\ \vec{\nabla}\mathrm{x}\vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t} & \text{(legge di Faraday-Neumann-Lenz)} \\ \vec{\nabla}\vec{B} = 0 & \text{(assenza di monopoli magnetici)} \\ \vec{\nabla}\mathrm{x}\vec{B} = \mu_0\vec{j} + \mu_0\varepsilon_0\dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t} & \text{(legge di Ampère-Maxwell)} \end{cases}$$

Nel vuoto $\rho = 0, \vec{j} = \vec{0}$. $\quad \vec{\nabla}\vec{E} = 0 \quad \vec{\nabla}\mathrm{x}\vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \vec{\nabla}\vec{B} = 0 \quad \vec{\nabla}\mathrm{x}\vec{B} = \mu_0\varepsilon_0\dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

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

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

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



Trasformazioni di Galileo per passare da S a S'

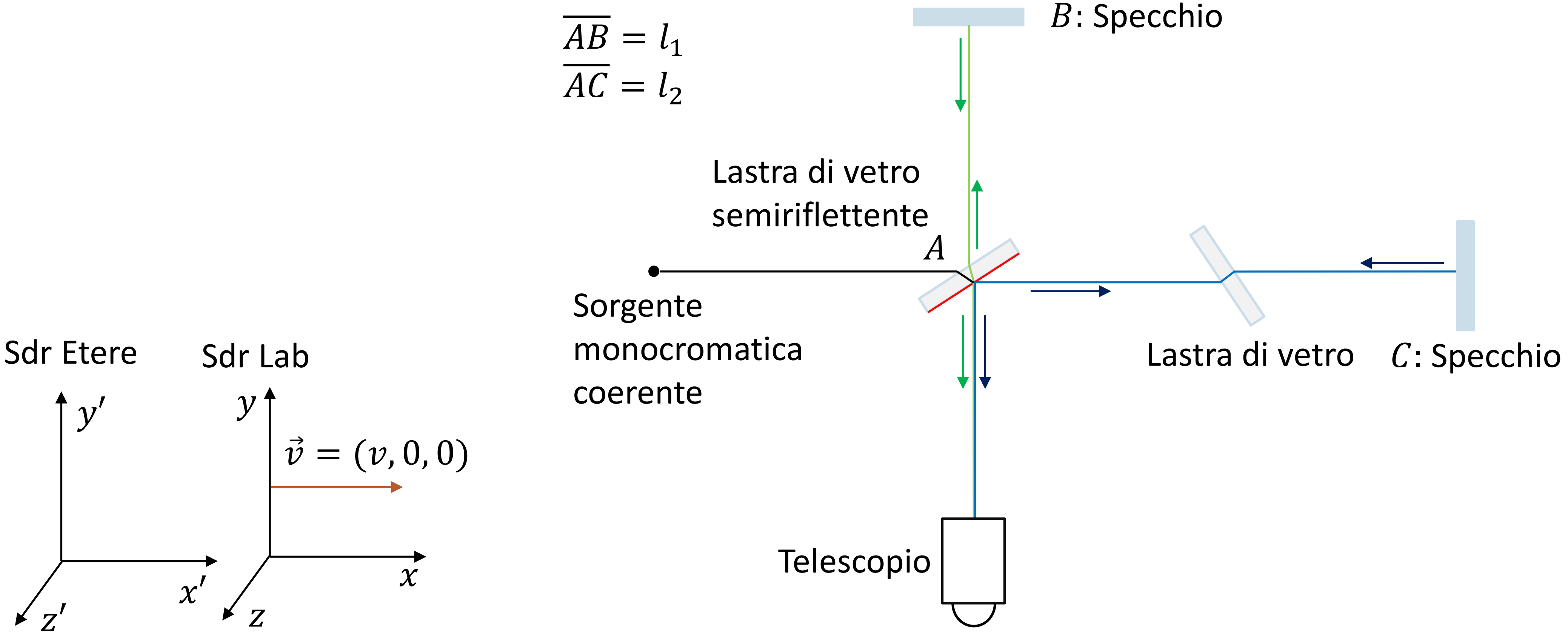
$$\boxed{\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}}$$

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

$$\begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial x} = \dfrac{\partial}{\partial x'} \\ \dfrac{\partial}{\partial y} = \dfrac{\partial}{\partial y'} \\ \dfrac{\partial}{\partial z} = \dfrac{\partial}{\partial z'} \end{cases} \qquad \frac{\partial}{\partial t} = -v\frac{\partial}{\partial x'} + \frac{\partial}{\partial t'} \qquad \boxed{E'_x = E_x = \xi}$$

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

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 $l_2 = l_1 = L$.

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

$$\boxed{\Delta\varphi = \nu\left(\delta t - \delta t^{90°}\right) = \frac{2L}{\lambda}\frac{v^2}{c^2}}$$

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

Nel 1887 Michelson e Morley utilizzarono: $\lambda = 590\,nm,\, L = 11m, \mathrm{v} \cong 30km/s.$
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 velocita della luce è la medesima in tutte le direzioni indipendentemente dalla velocità della sorgente che la emette.
   b) La velocita della luce nel vuoto diventa una quantità fondamentale.