

Introduzione alla Relatività

Equazioni di Maxwell (1864)

descrivono il campo elettromagnetico tramite una *costante universale* la cui interpretazione fisica è la velocità di propagazione di ogni onda elettromagnetica nel vuoto

$$c = \text{velocità della luce nel vuoto} \\ \simeq 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

c è una *velocità assoluta*, non relativa a qualche sistema fisico partecipante al fenomeno di propagazione e atto a individuare un *sistema di riferimento* rispetto al quale misurarla

Problema: Qual è il sistema di riferimento in cui la luce ha velocità c ?

Ipotesi (tendenza generale del mondo scientifico)

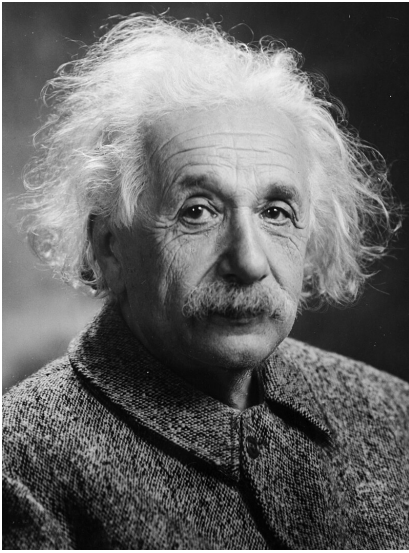
esistenza di un mezzo (l'*etere*) che riempie lo spazio “vuoto” e individua un S.R. privilegiato: quello in quiete rispetto all'*etere* stesso

La velocità della luce è c *rispetto all'etere*

Esperimento di Michelson-Morley (tra il 1881 e il 1887)



risultato negativo: *non* viene rilevata la presenza dell'*etere*



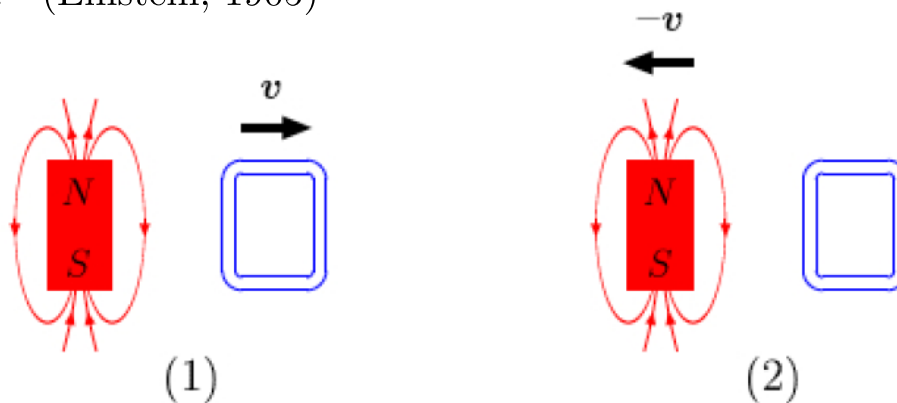
L'esito dell'esperimento di Michelson non ebbe una grande influenza sull'evoluzione delle mie idee [...] La spiegazione di ciò sta nel fatto che ero, per ragioni di carattere generale, fermamente convinto che non esista il moto assoluto, e il mio unico problema era come ciò potesse conciliarsi con quello che sapevamo dell'elettrodinamica.

(Fonte: Vincenzo Barone)

Albert Einstein (1879–1955)

Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento (1905)

“È noto che l'elettrodinamica di Maxwell – così come essa è intesa – conduce, nella sua applicazione a corpi in movimento, ad **asimmetrie** che non sembrano conformi ai fenomeni. Si pensi ad esempio alle interazioni elettrodinamiche tra un magnete e un conduttore. Laddove la concezione usuale contempla due casi nettamente distinti, a seconda di quale dei due corpi sia in movimento, il fenomeno osservabile dipende, in questo caso, solo dal moto relativo di sorgente e conduttore.” (Einstein, 1905)



(1) OSSERVATORE SOLIDALE AL MAGNETE

- campo magnetico costante \mathbf{B} e nessun campo elettrico
- forza magnetica $\mathbf{F}_m = e\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ (forza di Lorentz, che non compie lavoro)
- $\text{fem} = \oint (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l}$

(2) OSSERVATORE SOLIDALE ALLA SPIRA

- spira ferma e campo elettrico \mathbf{E} generato dal magnete in movimento (indotto dalla variazione di flusso magnetico)
- forza elettrica $\mathbf{F}_e = e\mathbf{E}$, che compie lavoro
- $\text{fem} = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$

L'origine del problema sta nell'inconciliabilità delle equazioni di Maxwell dell'elettromagnetismo con le trasformazioni di Galileo della meccanica classica.

Einstein è convinto che:

- Le leggi fisiche hanno la stessa forma in tutti i sistemi di riferimento inerziali. (Tutti gli esperimenti devono dare gli stessi risultati)
- Le equazioni di Maxwell sono corrette.

“La soluzione coinvolgeva in effetti la stessa **idea di tempo**; l'idea era che il tempo non è definito in assoluto, ma vi è una connessione inscindibile fra tempo e velocità dei segnali" (Einstein, 1922)

Per eliminare le asimmetrie dell'elettrodinamica tradizionale, bisogna formulare allora una nuova cinematica, ripensando innanzi tutto il procedimento di **misura del tempo**.

Che cos'è la relatività

Osservatori diversi forniscono descrizioni diverse dei fenomeni fisici

Che relazione c'è tra queste descrizioni?

Che cosa cambia e, soprattutto, che cosa **non cambia** passando da un osservatore a un altro?

La **teoria della relatività** risponde a queste domande

Esistono **due** teorie della relatività

- La **relatività speciale**, o **ristretta**, considera solo una particolare classe di osservatori, quelli inerziali (1905)
- La **relatività generale** considera anche osservatori accelerati e soggetti a gravità (1916)

Complessivamente, la relatività è una **teoria fisica dello spazio e del tempo**

La relatività ha importanti **applicazioni tecnologiche**: ingegneria degli acceleratori, sistemi di posizionamento globale, ecc.

“Il termine “teoria della relatività” è connesso col fatto che dal punto di vista sperimentale il moto appare sempre come **moto relativo** di un oggetto rispetto a un altro. Il moto non è mai osservabile come ‘moto assoluto’. Il principio di relatività nel suo significato più ampio è contenuto in questa affermazione: **la totalità dei fenomeni fisici è tale da non fornire alcun fondamento all'introduzione del concetto di moto assoluto**”.
(Einstein, 1949)

Le **descrizioni** dei fenomeni fisici sono **relative** al sistema di riferimento; **le leggi fisiche** no (sono **invarianti** rispetto al cambiamento del sistema di riferimento).