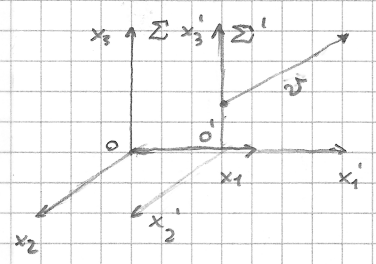
DINAMICA CLASSICA



Consideriamo due sistemi di riferimento Σ e Σ' in moto rettilineo uniforme uno rispetto all'altro e quindi inerziali.
Se conosciamo le coordinate di un punto qualsiasi P nel sistema Σ come si trovano le coordinate di P nel sistema Σ'. Valgono le TRASFORMAZIONI di GALILEO in forma vettoriale. Queste implicano:

$$\begin{cases} \vec{x}' = \vec{x} - \vec{v}t \\ t' = t \end{cases}$$

- INVARIANZA dell' INTERVALLO TEMPORALE
  Infatti essendo il tempo assoluto $\Delta t' = \Delta t$
- INVARIANZA delle LUNGHEZZE

La lunghezza di un oggetto in Σ sia $L = |\Delta \vec{x}|_{\Delta t > 0}$
In Σ' invece $L' = |\Delta \vec{x}'|_{\Delta t'} = |\Delta \vec{x} - v\Delta t|_{\Delta t}$ e dato che la misura si prende nello stesso istante, quindi $\Delta t = 0$ $L' = L$

- LEGGE di COMPOSIZIONE delle VELOCITA'

$$\vec{u} = \frac{d\vec{x}}{dt} \qquad \vec{u}' = \frac{d\vec{x}'}{dt'} = \frac{d(\vec{x} - \vec{v}t)}{dt} = \frac{d\vec{x}}{dt} - \vec{v} = \vec{u} - \vec{v}$$

- INVARIANZA della ACCELERAZIONE

$$\vec{a}' = \frac{d\vec{u}'}{dt'} = \frac{d(\vec{u} - \vec{v})}{dt} = \vec{a} - \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}$$

è dato che $\vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{F}' = \vec{F}$ cioè le leggi della dinamica sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali

⇓

PRINCIPIO di RELATIVITA' GALILEIANA

⇓

Per descrivere i fenomeni dinamici tutti i sistemi di riferimento inerziali sono equivalenti. Non esistono sistemi di riferimento privilegiati né quindi il moto assoluto

Tuttavia le equazioni di Maxwell non sono invarianti per trasformazioni di Galileo

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \rho/\varepsilon_0 \qquad \vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0$$
$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad \vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu_0\vec{j} + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

→ Nel vuoto dove non ci sono cariche né correnti

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = 0 \qquad \vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0$$
$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad \vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Identità $\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla}\cdot\vec{E}) - \nabla^2\vec{E}$

$$\vec{\nabla}\times\left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right) = -\nabla^2\vec{E} \qquad -\frac{\partial}{\partial t}\left(\vec{\nabla}\times\vec{B}\right) = -\nabla^2\vec{E}$$

$$-\frac{\partial}{\partial t}\left(\mu_0\varepsilon_0\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right) = -\nabla^2\vec{E} \qquad c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0/\mu_0}}$$

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\vec{E} = 0$$ Equazione delle onde

Limitiamo di seguito perdere di generalità al caso monodimensionale

Cambiamo sistema di riferimento

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

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\partial E}{\partial x'}\frac{\partial x'}{\partial x} + \frac{\partial E}{\partial t'}\frac{\partial t'}{\partial x} = \frac{\partial E}{\partial x'}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 E}{\partial x'^2}$$

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{\partial E}{\partial x'}\frac{\partial x'}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial t'}\frac{\partial t'}{\partial t} = -v\frac{\partial E}{\partial x'} + \frac{\partial E}{\partial t'}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial E}{\partial t}\right) = \frac{\partial}{\partial x'}\left(\frac{\partial E}{\partial t}\right)\frac{\partial x'}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t'}\left(\frac{\partial E}{\partial t}\right)\frac{\partial t'}{\partial t}$$

$$= +v^2\frac{\partial^2 E}{\partial x'^2} - v\frac{\partial^2 E}{\partial x'\partial t'} - v\frac{\partial^2 E}{\partial x'\partial t'} + \frac{\partial^2 E}{\partial t'^2} =$$

$$= v^2\frac{\partial^2 E}{\partial x'^2} - 2v\frac{\partial^2 E}{\partial x'\partial t'} + \frac{\partial^2 E}{\partial t'^2}$$

Sostituendo nell'equazione delle onde

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x'^2} - \frac{1}{c^2}\left(v^2\frac{\partial^2}{\partial x'^2} - 2v\frac{\partial^2}{\partial x'\partial t'} + \frac{\partial^2}{\partial t'^2}\right)\right]E = 0$$

È diversa l'equazione delle onde, cioè le onde si propagano in modi diversi a seconda del sistema di riferimento. Questo implica che sono diverse le equazioni di Maxwell da cui deriva. È mai possibile che esista un sistema di riferimento assoluto, quello dell'etere, in cui vale la formulazione semplice ed elegante di Maxwell? IPOTESI POSSIBILI

(1) Vale il principio di relatività galileiano e le sue trasformazioni
Solo le leggi della meccanica sono invarianti
Le equazioni di Maxwell valgono solo in un sistema di riferimento privilegiato

(2) Vale il principio di relatività generale sia per la dinamica che per l'elettromagnetismo
Tutte le leggi della fisica sono invarianti
Valgono le trasformazioni di Galileo e meccanica di Newton
Sono sbagliate le equazioni di Maxwell

(3) Vale il principio di relatività globale, tutte le leggi della fisica sono invarianti
Sono corrette le equazioni di Maxwell
Sono errate le trasformazioni di Galileo e la meccanica di Newton

↓

Esperimento di Michelson-Morley confutano la prima ipotesi

Difficile da accettare, bisogna rifare tutta la meccanica

La descrizione dell'elettromagnetismo non si è mai discosta dalle previsioni delle equazioni di Maxwell

Purtroppo è proprio la più temibile terza ipotesi ad essere corretta: