INTRODUZIONE ALLA RELATIVITÀ

Vari esperimenti hanno dimostrato che la Meccanica Newtoniana entra in crisi per velocità tendenti alla velocità della luce. Poiché nel mondo macroscopico le velocità sono $\ll c$, ne consegue che la meccanica Newtoniana è sempre risultata corretta. Inoltre per la meccanica classica non vi è un limite teorico sulla velocità, cosa che fu contraddetta. Abbiamo 2 date fondamentali:

- 1905, pubblicazione della teoria sulla Relatività Speciale.
- 1917, pubblicazione della teoria sulla Relatività Generale.

Secondo il principio di Relatività Newtoniana, le leggi fisiche che descrivono un moto sono uguali in tutti i sistemi di riferimento inerziali, da ciò ne segue l'INVARIANZA delle leggi della meccanica rispetto alle trasformazioni galileiane: massa, tempo e lunghezza sono quantità assolute, in quanto indipendenti dall'osservatore inerziale.

I problemi sorgono con il tentativo di applicare le trasformazioni galileiane alle onde elettromagnetiche. In quel periodo Maxwell spiegò che le onde elettromagnetiche erano fatte dalla incidenza di 2 campi perpendicolari tra loro: uno elettrico e uno magnetico. Egli predisse la velocità della luce nel vuoto: $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$.

Così come qualsiasi onda meccanica necessitava di un mezzo per propagarsi, allo stesso modo si pensava che dovesse avvenire per la radiazione elettromagnetica, ciò avveniva nell'ETERE:

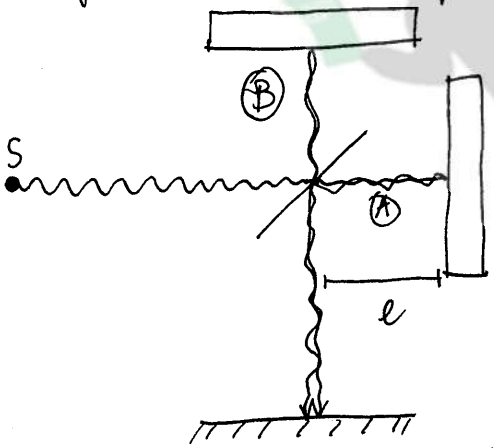
- aveva zero densità.
- perfettamente trasparente.
- riempiva l'intero spazio.
- rispetto ad esso la luce viaggiava a velocità c.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Per cui la domanda è se le leggi dell'elettromagnetismo sono invarianti tramite le leggi galileiane.
Indichiamo con S il sistema di riferimento dell'etere inerziale, un osservatore solidale ad S vede l'impulso luminoso che va a c, se prendessi un altro S' che va a costante V, vede l'impulso che viaggia a velocità c+v o c-v (a secondo del verso). Ne consegue che la velocità della luce NON È invariante per le trasformazioni galileiane, per cui c'è una discrepanza tra meccanica e elettromagnetismo. Ne consegue che esiste un sistema di riferimento privilegiato in cui $V_{luce} = c$ e questo è proprio quello dell'ETERE.

ESPERIMENTO MICHELSON-MORLEY

L'esperimento di Michelson-Morley venne fatto per individuare e provare l'esistenza dell'etere come sis. rif. privilegiato. Venne fatto nel 1881 solo da Michelson e nel 1887 da entrambi. Venne fatto da un interferometro con la seguente forma:

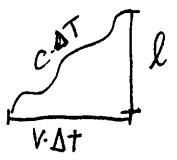


se l'etere esistesse allora la terra era un sis. rif. in movimento a velocità v, per cui ovvero vari tempi di percorrenza.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

RAGGIO (A) → $\begin{cases} l = (c-v)\,\Delta T_1 \\ l = (c+v)\,\Delta T_2 \end{cases}$ → $\Delta T_1 + \Delta T_2 = \frac{2lc}{c^2-v^2}$.

RAGGIO (B) →



$l^2 + v^2\Delta T^2 = c^2\Delta T^2 \rightarrow \Delta T = \frac{2L}{\sqrt{c^2-v^2}}$

Ruotando l'interferometro dovevo ottenere una figura diversa

di interferenza, ma ciò non avveniva, quindi non esiste alcun sistema privilegiato in cui $V_{LUCE} = c$, ossia non esiste l'etere; infatti se metto $v = 0$, ottengo gli stessi tempi.
Con tale esperimento si arrivò a concludere:

① le leggi dell'elettromagnetismo sono giuste.

② la velocità della luce non dipende dal sis. rif.

⇒ l'unico incriminato rimane Newton e il suo amico Galileo.

RELATIVITÀ SPECIALE

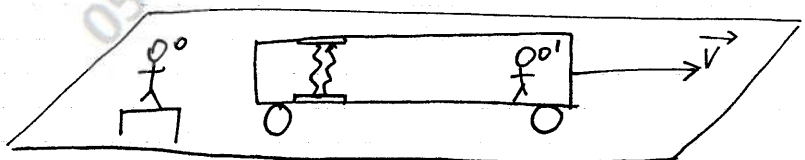
Ecco i 2 postulati della relatività speciale:

① Le leggi fisiche sono le stesse in ogni sistema di riferimento inerziale.

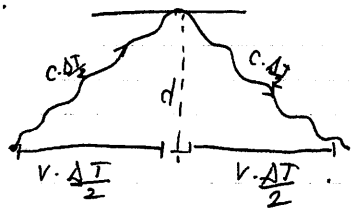
② La velocità della luce nel vuoto è c rispetto a qualsiasi sistema di riferimento inerziale.

TEMPO

Einstein rivaluta il concetto di simultaneità, per cui il tempo misurato in 2 sistemi di riferimento inerziali non è lo stesso.
Per provare questa idea rivoluzionaria si servì di uno schema semplice costituito da un treno ed un orologio a luce:



Il Tempo misurato da O', chiamata d la distanza tra sorgente e specchio dell'orologio a luce, sarà semplicemente: $\Delta T' = \frac{2d}{c}$.
Ora guardiamo ciò che osserva O:
dal Th. di Pitagora ottengo che:



$$c^2\frac{\Delta T^2}{4} = v^2\frac{\Delta T^2}{4} + d^2$$

$$\Delta T = \frac{2d}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Si osserva bene che i 2 tempi non sono uguali, se ricavo il dato uno e lo metto nell'altro ottengo la relazione:

$\Delta T = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \Delta T'$, chiamano $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$, ottengo:

$\boxed{\Delta T = \gamma \Delta T'}$ con $\gamma > 1$, osservo che per $\gamma \to 1$, la relazione afferma che i 2 tempi sono uguali, ciò avviene per $V = 0$, ma anche per $V \ll c$, ossia tutti i corsi di vita macroscopico. Ecco il significato di relatività come caso generale della meccanica classica.

TRASFORMAZIONI DI LORENTZ

Al posto delle coordinate Galileiane, abbiamo le trasformazioni di Lorentz che sembrano ben adattarsi alle considerazioni di Einstein. Oltre ai principi relativistici devono essere assunti:

① Spazio [-Tempo] sono ISOTROPICI, per cui le misure non dipendono da quando e dove le facciamo.

② Spazio e tempo sono omogenei.

Il fatto che siano OMOGENEI implica che le trasformazioni sono lineari, se così non fosse, la distanza tra 2 punti dipenderebbe dalla posizione reciproca nel proprio sis. rif.

Consideriamo un evento in un sistema di riferimento inerziale S, indicato l'evento con (x, y, z, t) in tale sistema, se prendo un altro sistema S' in moto rispetto a S con $(v, 0, 0)$, lo stesso evento sarà indicato con: (x', y', z', t'); l'obiettivo è trovare la relazione:

$$\begin{cases} x' = x'(x, y, z, t) \\ y' = y'(x, y, z, t) \\ z' = z'(x, y, z, t) \\ t' = t'(x, y, z, t) \end{cases}$$

attraverso vari passaggi, ottengo:

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \dfrac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{cases} = \begin{cases} x' = (x - vt)\gamma \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = (t - vx/c^2)\gamma \end{cases}$$

→ TRASFORMAZIONI DI LORENTZ.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

LUNGHEZZA.

Quando un corpo è su un sistema di riferimento S' in moto con velocità v, per un osservatore solidale O', avrò che la lunghetta del corpo sarà $L' = x_2' - x_1'$, con L' che è la lunghetta propria a riposo. Ora calcoliamo la lunghezza misurata da un osservatore solidale od un sistema S "fermo" rispetto S'. Tramite le trasformazioni di Lorentz ottengo: $\begin{cases} x_2' = (x_2 - vt_2)\gamma \\ x_1' = (x_1 - vt_1)\gamma \end{cases} \rightarrow x_2' - x_1' = L' = (x_2 - vt_2)\gamma - (x_1 - vt_1)\gamma$

usando 2 orologi perfettamente sincronizzati ho che $t_2 = t_1$ e ottengo: $L' = x_2' - x_1' = (x_2 - x_1)\gamma = L \Rightarrow \boxed{L = \frac{L'}{\gamma}}$

Osserva che la contrazione avviene solo lungo x, ossia lungo la direzione in cui avviene il moto

COMPOSIZIONE VELOCITÀ RELATIVISTICHE.

Consideriamo treno (sistema riferimento inerziale) che ci muove a velocità v rispetto sistema fermo. Consideriamo persona che si muove dentro il treno con velocità rispetto ad esso pari a u'. Considero velocità persona rispetto terra pari a u.
Per la composizione ho: $u = u' + v$.
La posizione della persona rispetto al treno sarà quindi:
$x' = u' \cdot t'$, applicando le trasformazioni di Lorentz