

## Appunti Teoria della relatività ristretta (cap.21 - estrema sintesi)

- **Premessa A)** nella meccanica classica, descritta dei principi della dinamica, non esistono velocità assolute, ma solamente velocità relative a un particolare sistema di riferimento, relativamente a quale sistema di riferimento la luce ha velocità costante  $c$ ?

- **Premessa B)** una carica elettrica in movimento genera un campo magnetico, ma tale campo scompare nel sistema di riferimento in cui tale carica è ferma? L'esistenza del campo magnetico dipende dalla scelta del sistema di riferimento inerziale? Il campo elettrico e quello magnetico sono invarianti?

- **Premessa C)** se  $c$  non fosse costante in tutti i sistemi di riferimento, le leggi della fisica e quindi anche il valore delle costanti in esse presenti, non avrebbero la stessa forma in tutti i sistemi di riferimento inerziali  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$

- **Premessa D)** ai fisici di fine XIX secolo sembrò più semplice ipotizzare l'esistenza di un sistema di riferimento assoluto relativamente al quale la velocità della luce fosse  $c$ , tale sistema fu identificato nell'**ETERE LUMINIFERO** che, in quanto mezzo di propagazione delle onde luminose, dovrebbe essere un mezzo molto rarefatto (da permettere il moto dei corpi celesti) ed estremamente rigido (per giustificare l'enorme velocità di propagazione delle onde attraverso esso) in grado di oscillare per propagare le onde e.m. (si osservi che le onde meccaniche, al contrario di quelle e.m., si propagano più velocemente in mezzi più densi). Questa scelta ammetteva la validità della meccanica newtoniana, la legge della composizione della velocità, ma implicava che le equazioni di Maxwell sarebbero rimaste valide solo nei sistemi di riferimento in quiete rispetto all'etere, la velocità della luce, misurata sulla Terra, avrebbe dovuto essere diversa a seconda della direzione e del verso del moto della Terra rispetto alla direzione e verso del raggio di luce emesso, fu lo stesso Maxwell a proporre un esperimento in tal senso che fu eseguito ripetutamente tra il 1881 e il 1887 da Michelson e Morley, tale esperimento diede risultato nullo ovvero non si riuscì a calcolare la velocità della Terra rispetto all'ETERE.

**Postulato 1) Invarianza delle leggi fisiche (principio di relatività einsteiniano):** Le leggi fisiche hanno la stessa forma in tutti i sistemi di riferimento inerziali.

(principio di relatività galileiano: Le leggi della meccanica hanno la stessa forma in tutti i sistemi di riferimento inerziali)  
(L'astronave Terra può essere considerata un sistema di riferimento inerziale?)  
(nei sistemi di riferimento non inerziali vale la teoria della relatività generale)

**Postulato 2) Costanza della velocità della luce:** la velocità della luce nel vuoto è la stessa in tutti i sistemi di riferimento inerziali ed è indipendente dal moto della sorgente e da quello dell'osservatore.

Se  $c$  è costante bisogna modificare la legge di composizione delle velocità e le trasformazioni di Galileo e determinare nuove trasformazioni, ma viene a cadere la necessità di postulare l'esistenza di un etere, rispetto al quale la luce ha velocità  $c$  prevista nelle equazioni di Maxwell in questo modo tutti gli osservatori e non solo quelli in "quiete" misurano la stessa velocità  $c$ .

**Tempo proprio:** è il tempo misurato da un osservatore in quiete rispetto all'orologio.

(il tempo dipende dal moto relativo dell'osservatore che effettua la misura)

**Dilatazione degli intervalli temporali:**  $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0$  con  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{rel}^2}{c^2}}}$  *fattore di Lorentz*

**Lunghezza propria:** è la distanza fra due punti misurata da un osservatore in quiete rispetto a essi.

(le lunghezze dipendono dal moto relativo dell'osservatore che effettua la misura)

**Contrazione delle lunghezze:**  $L = \frac{L_0}{\gamma}$

- per valori di  $v$  piccoli rispetto a  $c$ , intervalli temporali e spaziali coincidono con quelli della fisica classica, che rappresenta quindi un caso limite della fisica relativistica. Questo spiega perché gli effetti relativistici non sono stati osservati per molto.

-  $\gamma \xrightarrow{v \rightarrow c} \infty$  ossia la velocità della luce è una velocità limite non superabile e nemmeno raggiungibile.

**Quantità di moto relativistica:**  $p = \gamma \cdot mv$

**Energia totale relativistica:**  $E = \gamma \cdot mc^2$

**Energia a riposo:**  $E_0 = mc^2$

**Energia cinetica relativistica:**  $K = E - E_0 = mc^2 \cdot (\gamma - 1)$

**Relazione tra quantità di moto ed energia:**  $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$  (è possibile dimostrare che è un invariante relativistico\*)

**Legge della composizione relativistica delle velocità:**  $u = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 \cdot v_2}{c^2}}$

*Osservazione:*

Invarianti* classici:	Invarianti** relativistici:
t: tempo m: massa $\Delta s = x_2 - x_1$ : lunghezza di un oggetto o distanza tra due punti a: accelerazioni $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ F=ma Forza	c: velocità della luce $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$  sono invarianti relativistici anche: $E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$ <small>relazione tra energia totale di un corpo e quantità di moto</small> $(\Delta s)^2 = c^2 (\Delta t)^2 - (\Delta x)^2$ <small>intervallo spazio temporale tra due eventi</small>
non sono invarianti classici:	non sono invarianti relativistici: <i>(dipendono dal moto relativo dell'osservatore che effettua la misura)</i>
s: spazio percorso v: velocità p: quantità di moto E: energia	t: $\Delta s = x_2 - x_1$ m E p

\*un invariante è una grandezza **scalare** misurata allo stesso modo da osservatori in moto rettilineo uniforme uno rispetto all'altro

\*\* un invariante relativistico è detto invariante di Lorentz

unità di misura dell'energia non S.I.:  $1eV = (1e) \cdot (1V) = 1,60 \cdot 10^{-19} \cancel{C} \cdot 1 \frac{J}{\cancel{C}} = 1,60 \cdot 10^{-19} J$