

sono sempre valide (esperienza di Fizeau, esperienze di Kaufmann).

3) Un principio di relatività è valido in meccanica e in elettrodinamica, le equazioni di Maxwell sono corrette, ma non è corretta la trasformazione di Galileo. Di conseguenza le leggi della meccanica newtoniana vanno modificate.

E' quest'ultima la posizione della TR. E' opportuno aggiungere che, fino alla fine del secolo scorso, si riteneva che per la trasmissione di onde di qualunque genere (in particolare di onde elettromagnetiche) fosse necessario un mezzo nel quale le onde si propagassero mediante deformazione del mezzo stesso. Anteriormente all'avvento della TR i fisici erano convinti che tutto lo spazio fosse pieno di una sostanza dotata di proprietà molto particolari detta "etere" (luminifero).

Il riferimento nel quale l'etere era in quiete era il riferimento assoluto. Entro certi limiti l'esistenza dell'etere è compatibile con le equazioni di Maxwell ed è addirittura possibile costruire una teoria coerente nella quale si possono calcolare deformazioni e sforzi causati nell'etere dalle onde elettromagnetiche (OEM) che si transitano ([2] 9.b).

Secondo le vedute moderne invece, la luce (OEM) non ha bisogno di alcun mezzo per propagarsi. Ora, mentre un riferimento solidale ad un mezzo può, almeno nei riguardi di certi fenomeni, essere un riferimento privilegiato, un riferimento nel vuoto non può essere distinto fisicamente da alcun altro riferimento, fisso o mobile, anch'esso nel vuoto. Questo è un altro motivo per il quale viene esteso il principio di relatività ai fenomeni elettrodinamici.

4. SINCRONIZZAZIONE DEGLI OROLOGI MEDIANTE SEGNALI DI VELOCITA' FINITA.

Nella meccanica classica in virtù del carattere istantaneo della

propagazione delle interazioni, con un unico orologio si può indicare il tempo relativo ad ogni punto di un qualunque riferimento inerziale.

In altri termini se due osservatori solidali fra loro e posti in punti diversi di uno stesso riferimento inerziale vogliono accordarsi sul modo di misurare i tempi, basta che uno dei due invii all'altro un segnale che posseda velocità infinita. Allora il segnale giunge al secondo osservatore nello stesso istante in cui ha lasciato il primo sicché i due osservatori possono misurare i tempi utilizzando un unico orologio. Le cose non cambiano se i due osservatori si trovano in riferimenti in moto relativo con velocità \vec{v} (finita). Infatti \vec{v} è finita mentre il segnale ha velocità infinita e quindi raggiunge il secondo osservatore in un tempo nullo. Poiché il tempo di partenza e quello di arrivo coincidono, i due osservatori si intendono perfettamente qualunque sia l'istante al quale essi si riferiscono.

In altri termini il tempo è lo stesso per tutti gli osservatori, o, come anche si dice, ha carattere assoluto.

Diversamente vanno le cose se il segnale ha velocità finita. Infatti due osservatori, anche se sono solidali, quando siano posti in punti diversi dallo spazio, non si possono intendere sulla definizione del tempo se non stabiliscono una convenzione. Se ognuno degli osservatori dispone di un orologio, i due orologi possono essere sincronizzati per es. portando uno dei due sul luogo dell'altro, regolandolo sul tempo di questo e poi riportandolo al posto iniziale. Ma niente assicura che il trasporto lasci inalterata la marcia dell'orologio, tanto più che in un viaggio di andata e ritorno è inevitabile che, almeno in qualche istante, l'orologio posseda accelerazione non nulla.

Per potersi accordare sulla definizione del tempo gli osservatori debbono quindi disporre ognuno di un orologio e regolare gli orologi

"a distanza". In più gli orologi dei due osservatori debbono essere identici (la fisica quantistica fornisce orologi identici e questi sono costituiti dagli atomi con le loro frequenze caratteristiche. Anche le lunghezze trovano unità di misura "universali" nelle lunghezze d'onda delle radiazioni atomiche (Vedere però n.7)).

I due osservatori (che saranno indicati con A e B) dispongano dunque di orologi identici. Sia r la distanza che li separa. L'osservatore A invii un segnale luminoso all'osservatore B, all'istante t_1 (misurato dall'orologio di A). Poiché la luce viaggia con velocità c l'osservatore B segnerà, come istante di arrivo del segnale, l'istante $t_2 = t_1 + \frac{r}{c}$.

Se in B è posto uno specchio che rifletta istantaneamente la luce partita da A, l'osservatore A ricevendo di ritorno il segnale all'istante t_3 , sa che l'osservatore B ha ricevuto il segnale all'istante

$$t_2 = t_1 + \frac{t_1 + t_3}{2}$$

Naturalmente in quest'ultimo caso si fa uso diretto della proprietà della luce di avere velocità c in tutte le direzioni (come è attestato da varie esperienze, per es. la notissima esperienza di Michelson e Morley).

Ripetendo più volte queste operazioni si possono in più confrontare gli andamenti dei due orologi.

Questo modo di sincronizzare gli orologi è, come è chiaro, indipendente dal valore di c e, più in generale, dà lo stesso risultato qualunque sia il fenomeno di propagazione usato, purché lo spazio sia isotropo rispetto ad esso.

Nella TR non esistono velocità infinitamente grandi: la velocità della luce è la massima velocità raggiungibile ⁽²⁾ in ogni

(2) Come velocità di propagazione dell'energia ([3] cap. 8)

riferimento (3).

Per questo motivo gli orologi vengono sincronizzati utilizzando come segnali i segnali luminosi. Il riferimento relativistico è costituito da una terna di riferimento nella quale in ogni punto è posto un orologio: gli orologi sono tutti identici e sono sincronizzati, nel modo sopra descritto, mediante segnali luminosi.

5. MISURA DI SEGMENTI IN MOTO.

Nel seguito si dovranno confrontare le misure di lunghezze di segmenti effettuate da osservatori in moto relativo. In questo numero si vuole mettere in evidenza che la misura di un segmento in moto va effettuata con certe cautele.

Si supponga che un segmento $A'B'$ sia in moto traslatorio con velocità \vec{v} rispetto a un riferimento K e sia $\text{vers } A'B' = - \text{vers } \vec{v}$.

L'osservatore K misura la lunghezza di $A'B'$ segnando dei traguardi sulla retta del suo riferimento sulla quale scorre il segmento $A'B'$ e prendendo nota di due punti sui quali passano gli estremi A' e B' del segmento in moto. Per ottenere una misura non ambigua l'osservatore K deve prendere nota di due punti A e B sui quali gli elementi A', B' del segmento da misurare passano *simultaneamente*. La distanza $|AB|$ fra i punti A e B va assunta come lunghezza $|A'B'|$ del segmento $A'B'$. E' evidente che se i traguardi sui quali passano A' e

(3) Per stabilire una misura degli intervalli temporali ossia per definire una unità di misura dei tempi ci si serve abitualmente di certi fenomeni ripetitivi che si usa chiamare fenomeni periodici. Un fenomeno periodico è costituito da una successione di fasi che appaiono identiche all'osservatore; questi è indotto allora a prendere come unità di misura dei tempi la durata di una delle fasi. E' evidente quindi che, nella scelta delle unità di misura dei tempi, almeno inizialmente, l'osservatore deve affidarsi alla "sensazione" che due o più durate siano uguali.