

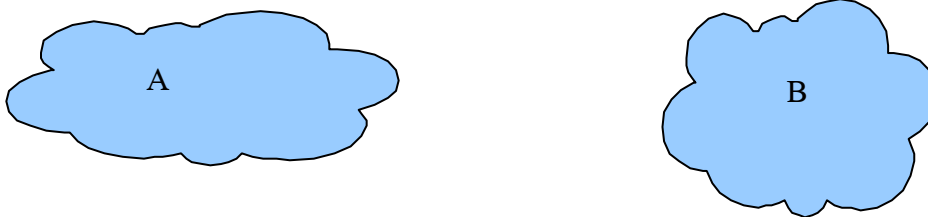
Un primo risultato relativistico che sfrutta la costanza di c

Innanzitutto vediamo di precisare meglio che cosa vuol dire misura dei tempi.

Supponiamo di avere un fenomeno che si sviluppa nel tempo. Come faccio a sapere quanto tempo passa? Come faccio a misurare il tempo? Devo confrontare il fenomeno da studiare con un fenomeno periodico. Che cosa è un fenomeno periodico? E' un fenomeno che si ripete a intervalli regolari di tempo. Se un corpo è inizialmente fermo al tempo zero e poi comincia a cadere e passano due intervalli di tempo quando lui arriva a terra vuol dire che sono passate due unità di misura di tempo, se l'unità di misura è uguale all'intervallo di tempo regolare del fenomeno periodico. Tutto semplice. ma come faccio a controllare che un fenomeno sia periodico e cioè che si ripeta uguale a se stesso ad intervalli regolari di tempo? semplice: confrontando il fenomeno che devo stabilire se è periodico o meno con un altro fenomeno periodico. E come faccio a sapere che quest'altro fenomeno è effettivamente periodico? semplice, lo confronto con un altro fenomeno periodico... Ecc. ecc.

Devo rompere il circolo vizioso in qualche punto. Devo assumere che un certo fenomeno sia periodico. Ad es. l'oscillazione in un certo atomo o la rotazione della terra intorno al sole. Allora tutti gli altri fenomeni come l'oscillare di molle o oscillare di pendoli sono periodici.

Esistono di fatto due classi di fenomeni



Nella classe A ci stanno i fenomeni come oscillare di pendoli, di molle, cristalli di quarzo rotazione della terra intorno al sole ecc. ecc.

Nella classe B ci stanno fenomeni come le stelle cadenti, le gocce di pioggia su un foglio di carta ecc.

Le due classi di fenomeni A e B sono incompatibili tra di loro. Ma i fenomeni di A sono tutti compatibili tra di loro, possono essere descritti semplicemente (si fa per dire...) se assumiamo che uno di essi è periodico, che si ripete uguale a se stesso a intervalli regolari di tempo. Allora i fenomeni della classe B diventano di descrizione complicata (richiedono probabilità, statistiche ecc.)

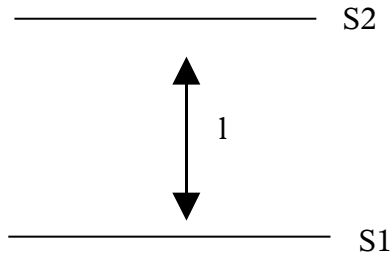
Potremmo fare anche una scelta diversa e ripugnante: gli intervalli di tempo tra una stella cadente e la successiva sono intervalli regolari di tempo. Per quanto ripugnante sia appare come una scelta legittima all'interno della logica, visto che deve essere una assunzione arbitraria. Allora i fenomeni della classe B sono descrivibili in termini semplici tra di loro e i fenomeni della classe A risultano di complicata interpretazione.

Una osservazione importante: una volta assunta la classe A come quella dei fenomeni periodici, ogni “orologio” della classe A deve comportarsi come tutti gli altri. Non possiamo pensare ad un certo punto che un orologio della classe A si comporti in un modo e un altro in un altro.

Tenendo presente questo costruiamo un possibile orologio: un orologio a luce...

L'orologio di luce

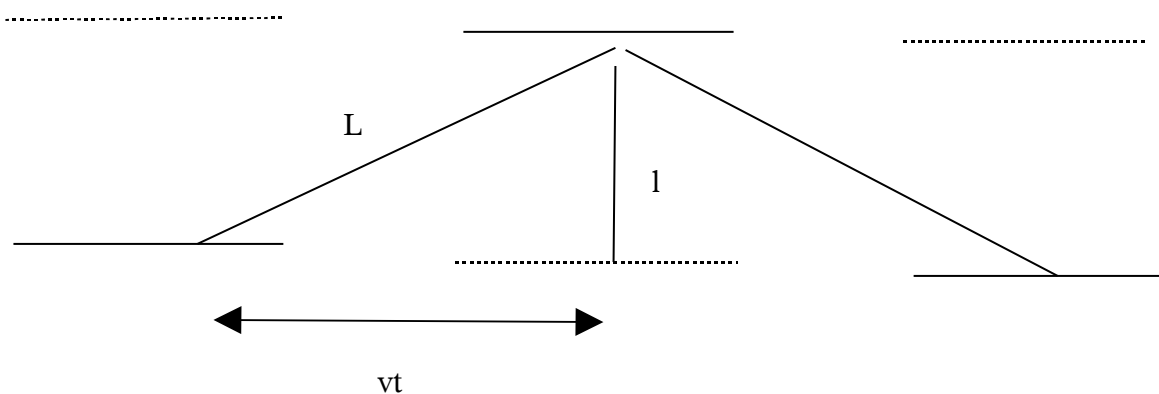
Abbiamo due specchi affacciati S1 e S2. Da S1 parte un fotone. percorre la distanza l tra i due specchi, rimbalza su S2 percorre la distanza l , rimbalza su S1, ecc. ecc.



Il tempo che impiega ad andare da S1 su S2 e ritornare lo chiamo $2\tau = \frac{2l}{c}$ in modo che $\tau = \frac{l}{c}$. Il motivo di questa apparente bizzaria sarà chiara in seguito: l'unica cosa certa che possa dire in relatività è quando una certa cosa parte da me e quando ritorna a me. Il rimbalzo su S2 avviene lontano da S1 e quindi può essere complicato di descrizione.

Ora supponiamo che l'orologio sia fermo in un riferimento K, questo riferimento lo chiameremo riferimento proprio. e il tempo "tau" lo chiameremo tempo proprio: è il tempo misurato nel sistema K fermo e solidale con l'orologio a luce.

Adesso supponiamo che K si muova di moto rettilineo uniforme con velocità v rispetto al nostro riferimento K' (supponiamo la classe...). Co sa vediamo noi in K' della traiettoria del fotone in K? In K il fotone continua a rimbalzare avanti e indietro, ma noi vediamo una cosa del genere:



Vediamo cioè che il fotone fa rispetto a noi una traiettoria rettilinea sì, ma in diagonale, L , mentre la distanza fra i due specchi è l . Di quanto si è spostato lo specchio rispetto a noi? di vt . Attenzione: il tempo per il quale moltiplicare la velocità di spostamento degli specchi rispetto a noi è ovviamente il tempo t che misuriamo noi, in K', non il tempo τ misurato in K (sono affari suoi, non miei...)

In una situazione del genere possiamo resistere alla tentazione di applicare il buon vecchio teorema di Pitagora? Possiamo dunque scrivere:

$$v^2 t^2 = L^2 + l^2$$

Divido ambo i membri per c^2 . La velocità della luce c è uguale in tutti i riferimenti, quindi non sto facendo cose sbagliate. e ottengo:

$$\frac{(v^2 t^2)}{c^2} = \frac{L^2}{c^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

ma:

$$\frac{L^2}{c^2} = t^2 \quad \text{e} \quad \frac{l^2}{c^2} = \tau^2$$

quindi posso scrivere:

$$\frac{(v^2 t^2)}{c^2} = t^2 - \tau^2$$

e quindi:

$$\left(\frac{v^2}{c^2} - 1 \right) t^2 = -\tau^2$$

Da cui mediante semplici passaggi algebrici:

$$t = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Ma se la velocità v è abbastanza grande comparata a c (per esempio i due terzi) allora il denominatore diventa piccolo e la frazione diventa grande: il tempo t è decisamente più grande di τ . Il tempo che misuro nel sistema di riferimento fermo con me K' è più grande del tempo proprio che misura l'orologio in K .

Due cose da osservare:

- il risultato viene fuori dal fatto che la velocità della luce è la stessa in entrambi i riferimenti
- Se io misuro in K il tempo che passa in K' ottengo lo stesso effetto!! La relatività è simmetrica.

Ma su questo ci torneremo sopra a lezione. E' tutto un modo strano di concepire il mondo. Ma forse il mondo non è come appare, il mondo è veramente "strano".

Inoltre osserviamo che:

- Se l'orologio a luce si comporta così, nella stessa maniera si devono comportare tutti gli orologi della classe A di cui parlavamo all'inizio. Il fenomeno tra tempo che osservo io e tempo proprio non dipende dal tipo di orologio che ho esaminato. Tutti gli orologi di questo mondo si comportano nello stesso modo. C'è effettivamente una differenza di misura di tempo nei riferimenti.