

Arriva il vecchio saggio

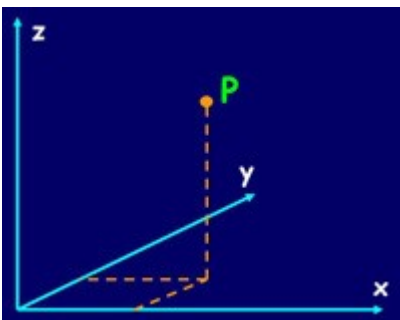
Mentre i due fratelli si guardano negli occhi e non riescono a capire la situazione, ecco che un vecchio signore dai capelli bianchi ed una faccia molto simpatica gli si avvicina sorridendo. “la colpa è mia”, dice, “e della mia teoria della **relatività ristretta** ... Se la utilizzate, avete perfettamente ragione tutti e due. Ma invece in realtà uno solo ha fatto il calcolo giusto: **Carlo**. E' proprio lui il più vecchio!”. I due fratelli lo guardano con diffidenza, ma anche con interesse. “E come puoi allora spiegare questa contraddizione che ci sta sconvolgendo? Siamo forse impazziti entrambi?”.

“Niente di tutto questo, cari ragazzi! Era la teoria che era imperfetta. Tutto si risolve con la mia recente scoperta: la **relatività generale**. Una differenza tra voi due c'è stata ed è molto importante. **Carlo**, sulla Terra, **non ha mai cambiato il suo sistema di riferimento. Gianni invece sì**. Prima all'andata e poi al ritorno. Non c'è **simmetria** e la teoria precedente non vale in queste condizioni: **il paradosso non esiste** assolutamente”.

A **Gianni** queste parole bastano ed avanzano. Non ha capito praticamente niente, ma sa di essere il più giovane e ne è estremamente contento. Al diavolo le spiegazioni difficili. In fondo è come se avesse guadagnato **8 anni** di vita e vuole andare a festeggiare con i suoi vecchi amici, tutti ormai più in là di lui con l'età. Ma **Carlo** non è soddisfatto e vuole saperne di più, quasi offeso da quel buffo vecchietto che lo ha gettato nella confusione più nera. E' molto amareggiato e quasi arrabbiato e chiede, anzi impone, una dettagliata spiegazione.

Lo scienziato fa un cenno affermativo e si dice pronto a fornire un chiarimento, per quanto possibile semplice ed intuitivo. Ammette però che non sarà molto facile e che bisognerà avere un po' di concentrazione. Prima di tutto avvisa **Carlo** che sarà tutto molto più semplice introducendo il **diagramma di Minkowsky**, legato alla classica definizione di **cono di luce**. Il gemello è senz'altro disposto a questo sforzo supplementare e attende in religioso silenzio la descrizione dell'anziano fisico.

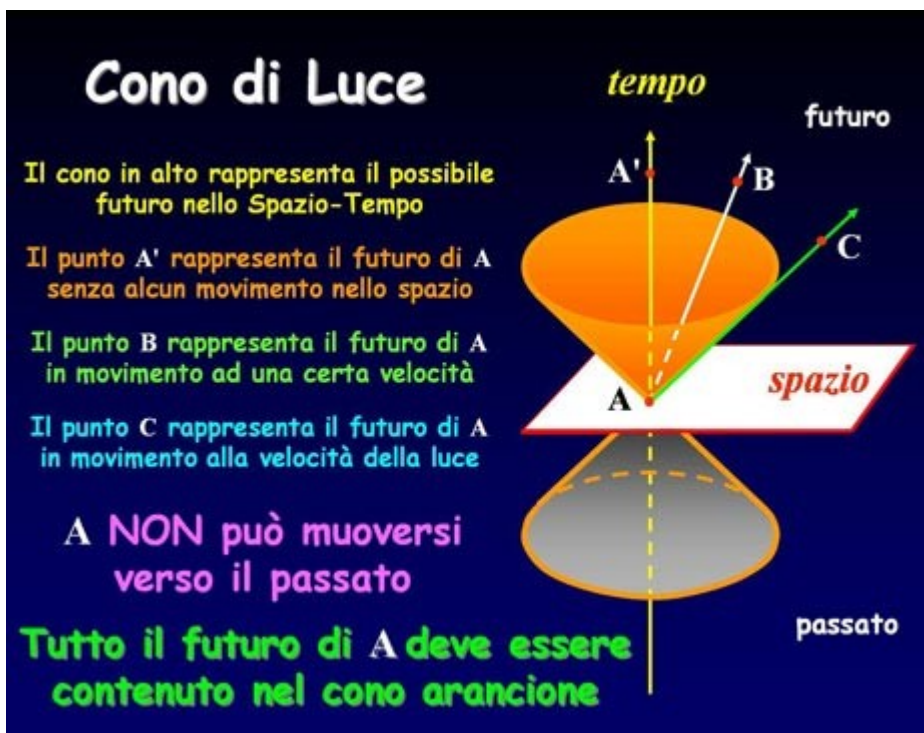
La spiegazione



Un punto P rappresentato nello spazio cartesiano a 3 dimensioni

“Lo **spazio** che tutti conosciamo molto bene ha **tre dimensioni**: lunghezza, larghezza ed altezza. Ogni punto può quindi essere individuato nello spazio cartesiano, individuato dai tre assi x , y , z , dalle sue coordinate relative, come si vede bene nella figura a fianco.

Ma oggi sappiamo che lo spazio ed il tempo sono strettamente collegati ed è quindi essenziale rappresentare anche quest'ultima coordinata. Per far questo avremmo bisogno di **quattro dimensioni** e noi non siamo assolutamente capaci di disegnare niente di questo tipo. Possiamo però fare un'approssimazione. Immaginiamo che lo spazio abbia solo due dimensioni (un po' come i dipinti degli antichi egizi) e diamo al tempo la terza dimensione. La figura rimane la stessa di prima, ma **al posto della z inseriamo il tempo t** . Adesso per un certo punto **A** (o **evento**) disegniamo la sua possibilità di interagire con il tempo: questa viene rappresentata da un cono, detto **cono di luce**. La superficie del cono rappresenta **tutte le possibili posizioni future del punto A se si muovesse alla velocità della luce**. All'interno del cono vi è il futuro possibile muovendosi a velocità inferiori. Al di fuori del cono è ovviamente impossibile andare (si supererebbe la velocità della luce). Il prolungamento del cono in direzione opposta rappresenta il **passato** dell'evento **A**, in cui non si potrà più tornare (vedi **figura in basso**). Se **A** non si muovesse mai, il suo futuro sarebbe ovviamente rappresentato dalla retta **AA'**.

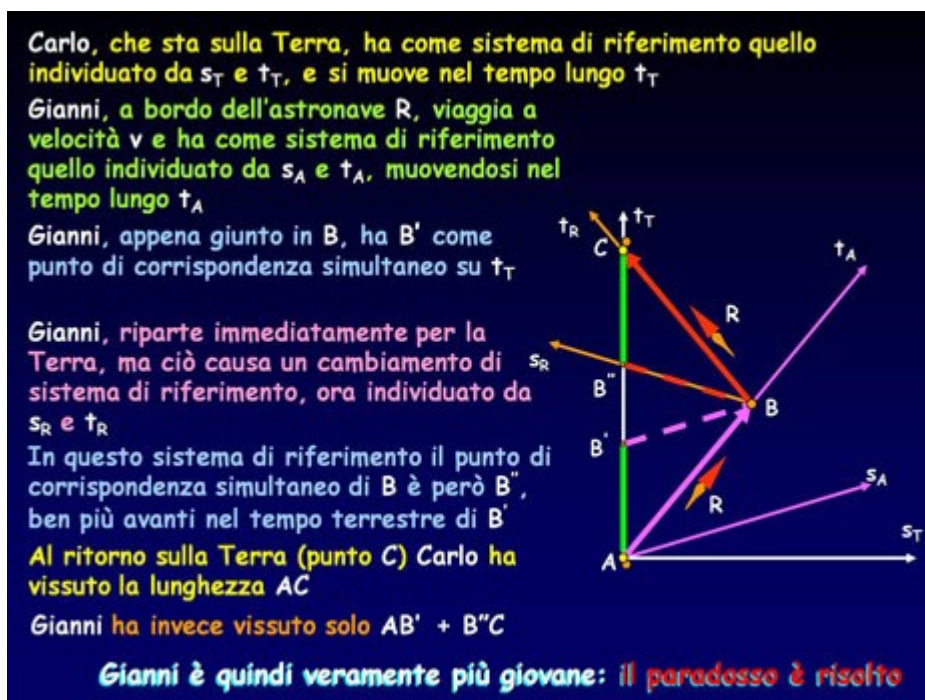


Sopra: il cono di luce del punto (o evento) A. La sua superficie esterna è limitata dalla velocità della luce. Non si può quindi “uscire” dal cono, ma solo muoversi al suo interno. Il cono rappresenta quindi tutte le possibili azioni future di A. La parte grigia rappresenta il passato di A e non si può più raggiungerlo.

Adesso [semplifichiamo ancora la figura](#) ed immaginiamo che lo spazio sia rappresentato da una sola dimensione. La nostra Terra e l'astronave saranno inserite in questo semplice schema. Cominciamo con la **Terra** che si muove con velocità che si può considerare **costante**. Per lei lo spazio è la linea s_T ed il tempo è la linea t_T . Il gemello **Carlo** si muoverà quindi lungo la retta t_T , perché in questo

sistema di riferimento nessuno si muove (ricordate qual è il futuro di un punto immobile nel cono di luce?). Ossia **Carlo** ed i suoi simili viaggiano con la Terra e quindi stanno fermi nel suo **sistema di riferimento** (a parte i trascurabili movimenti lungo la superficie del [pianeta](#)). Ma l'astronave invece ha un **diverso** sistema di riferimento, in quanto si muove nello spazio. Non chiedete di più, perché le cose sarebbero molto complicate e bisognerebbe tenere conto che per raggiungere una certa velocità si deve applicare un'accelerazione e cose del genere (e questa è la vera differenza tra le due teorie). Ma vi assicuro che il **suo sistema di riferimento si deforma** in quello rappresentato da s_A e t_A (l'angolo tra di loro non è casuale, ma segue precise formule matematiche). L'astronave si muoverà lungo il "suo" tempo t_A che forma ovviamente un angolo con l'asse del tempo della Terra (infatti si muove rispetto al sistema di riferimento della Terra). Ad un certo punto arriva alla sua meta, la **stella B**. In che momento? Beh, nel sistema di riferimento terrestre questo istante è rappresentato dal punto **B'** (per trovarlo bisogna infatti **muoversi parallelamente al "suo" spazio s_A**).

L'astronave però adesso inverte immediatamente la rotta e torna verso la Terra (decelerazione e poi accelerazione in senso inverso ...). Facendo questa manovra però **cambia nuovamente il sistema di riferimento** che adesso è rappresentato da s_R e t_R . Accidenti! Allora dobbiamo subito segnare il tempo relativo al punto di "**inizio ritorno**" nel sistema terrestre. Questa volta, per farlo, dobbiamo **muoverci parallelamente alla linea s_R** (anzi proprio lungo la linea) e non più lungo la "vecchia" linea s_A . Troveremo il punto **B''** ben più avanti rispetto a **B'**. Sulla Terra c'è stato un salto temporale, ma, per l'astronave, **B** è un punto unico: **è solo cambiato il sistema di riferimento e quindi la posizione relativa nel sistema terrestre**. Finalmente la nave torna a casa (nel punto **C**, che essendo sulla Terra, dovrà essere ovviamente contenuto nella retta t_T). A questo punto è facile calcolare il tempo passato sulla Terra e quindi anche per **Carlo**: il tratto completo **AC**. Per **Gianni**, il tempo passato sull'astronave sarà stato **AB' + BC**. Ma quando torna a Terra, il tempo passato con il metro terrestre sarà stato solamente **AB' + B''C**.





Sopra: utilizzando il diagramma di Minkowski, le cose si semplificano molto e il tempo passato per i due gemelli si può calcolare facilmente sommando segmenti di tempo.

Niente da fare, nella **relatività generale Gianni** ha vissuto veramente **meno** di **Carlo**: il **paradosso** non esiste più!!” **Carlo** non capisce subito, ma riflettendoci sopra e vedendo gli stretti collegamenti con il cono di luce che varia, cambiando sistema di riferimento, alla fine si convince della validità della spiegazione. Il buon vecchietto ha proprio ragione: non è sicuramente uno stupidotto ... Anzi! E gli stringe vigorosamente la mano ed è contento di aver capito, malgrado il fratello se la stia godendo con otto anni di meno. Lo scienziato lo saluta con una promessa eccitante: “la prossima volta ti farò vedere come si potrebbe viaggiare nel **passato**, utilizzando il **cono di luce** e le caratteristiche dei **buchi neri** ... A presto!!”. E **Carlo** resta in trepida attesa della nuova avventura ... teorica.

E magari anche voi, cari amici ...