

Salve a tutti...è un po' che vedo e leggo su internet discussioni infinite sulla RR e sul paradosso dei gemelli, ma alla fine si gira sempre intorno al problema senza mai risolverlo e capirlo.

Io non sono un professore, però nel mio piccolo voglio provare a spiegare il tutto con parole semplici sperando di non commettere errori grossolani, in tal caso chiedo scusa.

Ovviamente dobbiamo accettare salti e licenze poetiche dato che una trattazione seria richiederebbe giorni e giorni, e... ovviamente una persona più preparata di me.

Per primo riporto qualche link da studiare a fondo:

<http://www.infinitoteatrodelcosmo.it/2015/04/08/le-basi-della-relativita-ristretta-o-speciale/>

<http://www.infinitoteatrodelcosmo.it/2015/10/01/lo-spaziotempo-di-minkowski-luniverso-in-un-foglio/>

Se invece volete la versione semplice e veloce sulla relatività ristretta senza formule e calcoli proseguite con la lettura.

Ovviamente stiamo trattando di moti a velocità costante (rettilineo uniforme), niente accelerazioni niente gravità (quello è il mondo della relatività generale).

Allora va chiarito un concetto base, ovvero che non c'è nessun tempo che rallenta per chi si muove a velocità elevate, bisogna metterselo nella testa altrimenti è inutile proseguire.

Non è vero che rallenta ma non se ne accorge, semplicemente non rallenta.

In pratica il tempo rallenta solo se visto da un'altra persona quando vi è una differenza di velocità, cioè è la misura di quest'ultimo che dà come risultato il rallentamento del tempo di chi si muove rispetto a lui.

Ma ciò che uno misura è e diventa reale nel proprio sistema.

Dato che non esiste nessun esperimento che possa stabilire chi è in moto o chi è fermo tra due o più persone se A osserva B in movimento vede il suo tempo al rallentatore.

Ma B per contro pensa di essere lui ad essere fermo e vede A in movimento e quindi vede il suo tempo andare al rallentatore.

In pratica A vede B al rallentatore e B vede A al rallentatore: una perfetta simmetria.

Se uno dei due rallentasse veramente si andrebbe incontro a un paradosso.

Stessa cosa per la contrazione delle lunghezze, non c'è nessuna persona che per magia si accorcia, ma è sempre riferito a quello che uno vede di un altro sistema in movimento.

A vede B schiacciato e B vede A schiacciato.

Se uno dei due diventasse veramente più corto se ne accorgerebbe dato che la contrazione avviene solo su un asse, ovvero nel senso del moto, e quindi lui stesso e ciò che lo circonda diventerebbe... ovale, e questo non succede.

E quindi? qual è il trucco: semplice la simultaneità.

Tutto il succo della RR è basato sulla simultaneità degli eventi.

La dilatazione dei tempi e la contrazione delle lunghezze ne sono solo una conseguenza, non capire o trattare la simultaneità vuol dire non capire nulla della RR.

In pratica due eventi che sono simultanei in un sistema, se visti da un osservatore in moto relativo non sono più simultanei.

Cioè se due persone ferme tra di loro, ma in moto relativo rispetto a C, accendono due lampadine in simultanea, C vede accendersi prima una poi l'altra e questo non a causa delle differenti distanze dalle fonti luminose, ma perché per C i due eventi avvengono in due istanti diversi.

In parole povere se un osservatore osserva due persone in moto rispetto a lui, vedrebbe che i loro orologi segnano due tempi diversi o semplicemente vedrebbe che hanno due età diverse.

Ma attenzione nel sistema delle due persone, hanno la stessa età ovvero i loro orologi sono sincronizzati: è la percezione del tempo di ciò che si muove rispetto a noi che è così.

E questo non perché sono a distanze diverse dall'osservatore, ma perché l'universo è fatto in questo modo.

Lo si riesce a capire con un semplice ragionamento di logica usando un metro di misura universale che è uguale per tutti: la velocità della luce.

Per chi vuole leggere metto il link seguente che spiega bene il tutto:

<http://www.infinitoteatrodelcosmo.it/2015/04/17/un-aiuto-sul-concetto-di-relativita-della-simultaneita/>

Se si cerca di estendere il concetto con varie prove si capisce che lo "sfasamento" di simultaneità tra due sistemi è tanto maggiore quanto maggiore è la differenza di velocità in rapporto alla luce.

In aggiunta a parità di velocità, più ciò che si osserva è lontano più è sfasato.

Ultimo esempio: se osservo un treno che mi passa di fronte vedrei in un dato istante gli orologi di ogni vagone segnare un tempo diverso.

Adirittura con la simultaneità degli eventi si può arrivare a dire che in certe situazioni se l'evento A segue nel tempo l'evento B (avviene dopo) in un dato sistema, può essere che un ipotetico osservatore di un altro sistema veda i due eventi in ordine cronologico invertito, cioè prima A poi B.

Questo succede quando l'invariante tra i due eventi è negativo cioè quando l'invariante è di tipo spazio, ma si può benissimo dimostrare che questo fenomeno non pregiudica la causalità degli eventi, ovvero non si possono cambiare gli eventi interconnessi a proprio piacere.

<http://www.infinitoteatrodelcosmo.it/2015/07/19/il-diagramma-di-minkowski-7-luniverso-degli-eventi/>

La prima conseguenza della simultaneità è la contrazione delle lunghezze.

Come si fa a misurare un oggetto in movimento?

Semplice si misurano nello stesso istante, ovvero simultaneamente, l'inizio e la fine rispetto se stessi e si fa la differenza.

Perché nello stesso istante? Perché l'oggetto si muove e quindi non posso misurare l'inizio oggi e la fine domani, dato che nel frattempo si è spostato.

Ma abbiamo detto che la simultaneità è un concetto relativo.

Se misuro un oggetto in moto, anche se faccio le due misure nello stesso istante, in realtà non sono simultanee, ovvero non si riesce a misurare nello stesso tempo inizio e fine, e di conseguenza uno dei due bordi si è spostato.

In poche parole io misuro e vedo il bordo dell'oggetto alla posizione del tempo che io percepisco e come abbiamo detto due punti distanti (inizio e fine) sono percepiti in due tempi diversi e, dato che si muovono, si ha una misura deformata.

Ricordo che se ci fossero due orologi sincronizzati, vedrei che segnerebbero due tempi diversi.

Facendo qualche diagramma di Minkowski si nota che si ottiene sempre e solo una contrazione delle lunghezze.

Quando si osserva qualcosa in moto è sempre più corto di quello che è nel suo sistema, non perché si è accorciato realmente, ma perché la mia percezione del tempo di ciò che si muove fa sì di non poter vedere simultaneamente l'oggetto nella sua intera forma, con il risultato che mi appare più corto.

Ma attenzione ciò che vedo e che misuro diventa reale per il mio sistema, quindi per me è veramente accorciato.

E adesso arriva la conseguenza più bella (per me).

Se io sono su una astronave e devo andare dalla terra al pianeta B, diciamo un milione di anni luce di distanza, alla velocità della luce meno qualcosa, teoricamente ci vorrebbe un po' più di un milione di anni.

E invece no, perché dal mio punto di vista io sono fermo, quindi è la terra e il pianeta che si spostano, e a causa della simultaneità la distanza si accorcia.

Alla velocità della luce arriva a tendere a zero, in poche parole a velocità un pelino più basse un milione di anni luce possono diventare solo qualche anno luce (bisogna fare i calcoli).

Quindi in qualche anno di tempo io arrivo sul pianeta B e qua arriva il bello, perché per il terrestre io devo impiegare un po' più di un milione di anni: sono vere entrambe le affermazioni.

Dato che la velocità è sempre la stessa, ovvero il terrestre vede andare l'astronave quasi alla velocità della luce, e io che sono sull'astronave vedo la terra allontanarsi alla stessa velocità, abbiamo le seguenti due situazioni.

Per il terrestre la distanza resta un milione di anni luce, visto che il pianeta è fermo rispetto a lui, e quindi per lui passano un po' più di un milione di anni prima che io arrivi sul pianeta.

Per me invece la distanza si accorcia e a parità di velocità, e dato che il mio scorrere del **tempo non cambia**, arrivo sul pianeta in qualche anno.

Siccome un principio base dice che un dato fenomeno o evento deve essere visto da tutti i sistemi allo stesso modo, dobbiamo concludere che se per me sono passati qualche anno quando arrivo sul pianeta B, la stessa cosa deve essere vista dal terrestre.

Ma per il terrestre sono passati più di un milione di anni, invece per me sono passati solo qualche anno: abbiamo ottenuto la dilatazione dei tempi.

Per il terrestre, e solo visto da lui, io ho viaggiato al rallentatore.

Ripeto il mio tempo non rallenta, è il percorso che si accorcia e di conseguenza arrivo a destinazione invecchiando meno, perché ho fatto meno strada.

In pratica la simultaneità ha portato a una deformazione delle distanze, che ha portato a sua volta a una deformazione del tempo trascorso.

Spazio e tempo sono legati in modo indissolubile, se cambia uno cambia l'altro e viceversa.

Adesso arriviamo al paradosso dei gemelli, che tanto si fa fatica a capire quanto in realtà è di una semplicità estrema o quasi.

Premetto che il paradosso non consiste nel fatto che il gemello resta più giovane, lo abbiamo appena visto prima con la dilatazione dei tempi, ma nel fatto che per entrambi è l'altro a dover rimanere più giovane, dato che è sempre l'altro che si muove (bisogna mantenere la perfetta simmetria).

O uno o l'altro, è impossibile che entrambi restino più giovani: e invece è proprio così, con un piccolo trucco, dato che c'è di mezzo la simultaneità.

Io tratterò una soluzione non convenzionale, ma che trovo lampante.

Allora c'è la terra con il gemello terrestre, un pianeta B con il gemello B e io che sono il terzo gemello sull'astronave nell'intento di andare dalla terra al pianeta B.

Ho usato tre gemelli, ma non è il gioco delle tre carte, non c'è nessun trucco.

Per eliminare qualsiasi dubbio o interferenza suppongo che io sono partito molto prima della terra e che quando arrivo sul pianeta non mi fermo.

In questo modo non ci sono accelerazioni e decelerazioni e nessun cambio di sistema di riferimento.

In ogni caso anche se ci fosse l'accelerazione, se questa avvenisse per un tempo breve, i suoi effetti secondo la RG sarebbero trascurabili rispetto al moto a velocità costante.

Quando io passo di fianco alla terra ho la stessa età del terrestre che a sua volta ha la stessa età di B, tutti abbiamo la stessa età.

Tutto giusto?

Non tanto, perché dobbiamo sempre ricordarci della simultaneità.

Quando transito di fianco alla terra io ho la stessa età del terrestre e viceversa e questo è un dato di fatto, ma dobbiamo subito distinguere i due sistemi in moto relativo.

Nel sistema terrestre il gemello B ha la stessa età del terrestre dato che il **pianeta è fermo** rispetto alla terra.

Per me, invece, come al solito è la terra insieme al pianeta che si spostano e quindi terra e pianeta non sono simultanei.

In pratica io ho la stessa età del terrestre ma nello stesso istante il gemello sul pianeta B rispetto a me è più vecchio (il suo orologio segna un tempo diverso, maggiore) pur avendo la stessa età del terrestre nel sistema della terra.

E' questo il nocciolo della questione.

Il fatto che sia più vecchio dipende da che parte si trovi (coordinata positiva o negativa) rispetto a me nel verso del moto.

Con il diagramma di Minkowski si vedrebbe tutto molto bene e si potrebbe calcolare molto velocemente tutti i tempi e le distanze.

Adesso continuo il mio moto verso il pianeta e come detto prima il mio **percorso si accorcia**, quindi per transitare di fianco al pianeta B (senza fermarmi), impiego meno tempo di quello che scorre per il terrestre.

Adesso analizziamo cosa vedono tutti rispetto a chi.

Il terrestre vede sempre il gemello B avere sempre la sua stessa età e viceversa (sono fermi tra di loro).

Il terrestre vede anche me sull'astronave andare al rallentatore (per il motivo spiegato prima) e quando passo di fianco al pianeta sono realmente più giovane rispetto al terrestre e di conseguenza anche rispetto al gemello B che mi ritrovo davanti.

Direi fin qua nessun problema.

Il gemello B sul pianeta vede anche lui che il terrestre mantiene la sua età e vede me che sono in moto rispetto a lui andare al rallentatore.

Di conseguenza quando passo per il pianeta è ovvio che io sono più giovane del gemello B.

E io cosa vedo?

Se osservo il gemello B sul pianeta B, dato che è lui in moto rispetto a me dovrebbe andare lui al rallentatore, e infatti è così.

Ma allora come è possibile che quando passo dal pianeta sono solo io a rimanere più giovane?

Semplice, è vero che il suo tempo scorre più lentamente del mio, ma se vi ricordate a causa della simultaneità lui era più vecchio di me quando io ero vicino alla terra.

Il suo orologio era avanti fin dall'inizio che sommato al tempo passato si ottiene che io resto più giovane.

Se io impiego e invecchio 10 anni, per il gemello B passano 7 anni (rispetto a me) che sommati a 5 anni di vecchiaia in più fin dall'inizio si ottiene 12: **io sono rimasto effettivamente più giovane pur mantenendo la simmetria.** (I valori sono puramente inventati ma con le formule si calcola tutto correttamente)

Infine se osservo il terrestre, dal mio punto di vista è lui che va al rallentatore e quindi, quando io passo per il pianeta io sono più vecchio di lui.

Ma prima avevo detto che ero io ad essere rimasto più giovane.

Infatti è così, ma nel sistema terrestre.

Per me è la terra e il pianeta che si spostano ed essendo due punti distanti nello spazio non sono simultanei.

Quando sono nelle vicinanze del pianeta B, per me terrestre e gemello B **non** hanno la stessa età: B è più vecchio di me e sono sicuro perché me lo trovo di fronte, ma il terrestre può e ha sicuramente un'altra età, perché è lontano rispetto a me.

In base al verso del moto e alla posizione si può ricavare che per la simultaneità il terrestre resta indietro nel tempo (l'opposto di B quando ero all'inizio che invece era più vecchio perché si trovava dalla parte opposta rispetto a me), e questo combacia con il rallentamento del tempo del terrestre visto da me.

In pratica solo ciò che è di fronte a me è simultaneo e quindi **confrontabile direttamente**, ciò che è lontano non lo è più, perché diventa un evento non simultaneo.

Sembra assurdo ma nell'istante che io passo di fianco al pianeta, nel sistema terra-pianeta i due gemelli hanno la stessa età e io sono più giovane, ma nel **mio** sistema è il terrestre ad essere più giovane, e il gemello B più vecchio.

Questo è vero e si mantiene finché c'è differenza di velocità reciproca tra i due sistemi, il tutto a causa della simultaneità.

In pratica **tutti vedono che il tempo degli altri, in moto relativo, scorre più lentamente del proprio in modo da mantenere una simmetria perfetta.**

Le differenze reali finali sulle età nascono dalla simultaneità degli eventi che è diversa in base al sistema di riferimento.

Il dato di fatto è che quando io passo per il pianeta B sono più giovane di B, perché ce l'ho di fronte, e di conseguenza diventa un evento che deve essere visto da tutti allo stesso modo, e così è.

Se invece si vuole un confronto diretto tra me e il terrestre occorre fermarsi e tornare indietro.

Tralasciando gli effetti delle accelerazioni, che possono essere trascurabili se avvengono per un tempo brevissimo, si ha comunque un cambio di sistema di riferimento che fa cambiare la simultaneità degli eventi.

Nel momento che io mi fermo sul pianeta B, cambia il sistema di riferimento, e in particolare il mio sistema diventa lo stesso del sistema terra-pianeta: di conseguenza siamo tutti simultanei.

Ma quello che è successo prima resta invariato: io sono e resto più giovane di B, ormai è un dato di fatto.

Ma ora per me anche il terrestre diventa automaticamente più vecchio, dato che ha la stessa età di B e questo è un altro dato di fatto.

Appena inverto il verso del moto, succede esattamente la stessa cosa di prima, e si ritorna all'inizio della storia.

Io parto che sono più vecchio di B, ma il terrestre non è più simultaneo e diventa per me ancora più vecchio, come se avesse fatto un **salto temporale a causa del cambio di sistema.**

Quando arrivo sulla terra il tempo del terrestre scorre al rallentatore per me, ma essendo partito da molto più avanti, risulta che lui è molto più vecchio di me.

Ovviamente solo io sull'astronave cambio sistema di riferimento, perché solo io percepisco una forza data dalla decelerazione e dalla successiva accelerazione o, più semplicemente solo io sento degli "scossoni" durante il moto.

Questa è la soluzione semplice, poi ci sono altri metodi sicuramente più rigorosi, come usare la composizione relativistica della velocità.

Comunque si capisce che non esiste nessun paradosso, il tutto va visto nella chiave corretta.

Ci sarebbero altri argomenti da trattare come l'orologio di luce verticale e orizzontale o la rotazione di Lampa-Terrell-Penrose (molto interessante), e tanti altri fino ad arrivare alla famosa formula **$E = mc^2$**

Tutto parte dalla RR: come dire un nuovo modo di vedere la realtà.

Ma per adesso mi fermo.

Faccio un piccolo appunto: tutte le volte che dico che una persona vede un'altra persona che non si trova nello stesso punto, considero che possa vederla istantaneamente come se la velocità della luce o dell'informazione trasmessa fosse infinita.

Nella realtà non è così, quindi c'è sempre un ritardo tra quando avviene un evento e quando si può vederlo.

Possiamo solo immaginare di vedere istantaneamente un qualcosa distante come se fosse davanti a noi.

Questo tuttavia non pregiudica il discorso affrontato, possiamo sempre mettere delle persone solidali al nostro sistema sincronizzate con noi o delle telecamere che dopo un certo tempo ci informino cosa sta avvenendo realmente, poi calcolare il ritardo e correggere le misure effettuate.

Spero di essere stato chiaro e di aver fatto cosa gradita a tutti.

Capisco che non è semplice trattare una cosa così complessa in poche righe senza disegni e grafici, e ve lo garantisco non è stato facile neanche per me.

Un saluto a tutti