

Una (breve) paradossale lezione sulla relatività ristretta

Cristiano Sebastiani



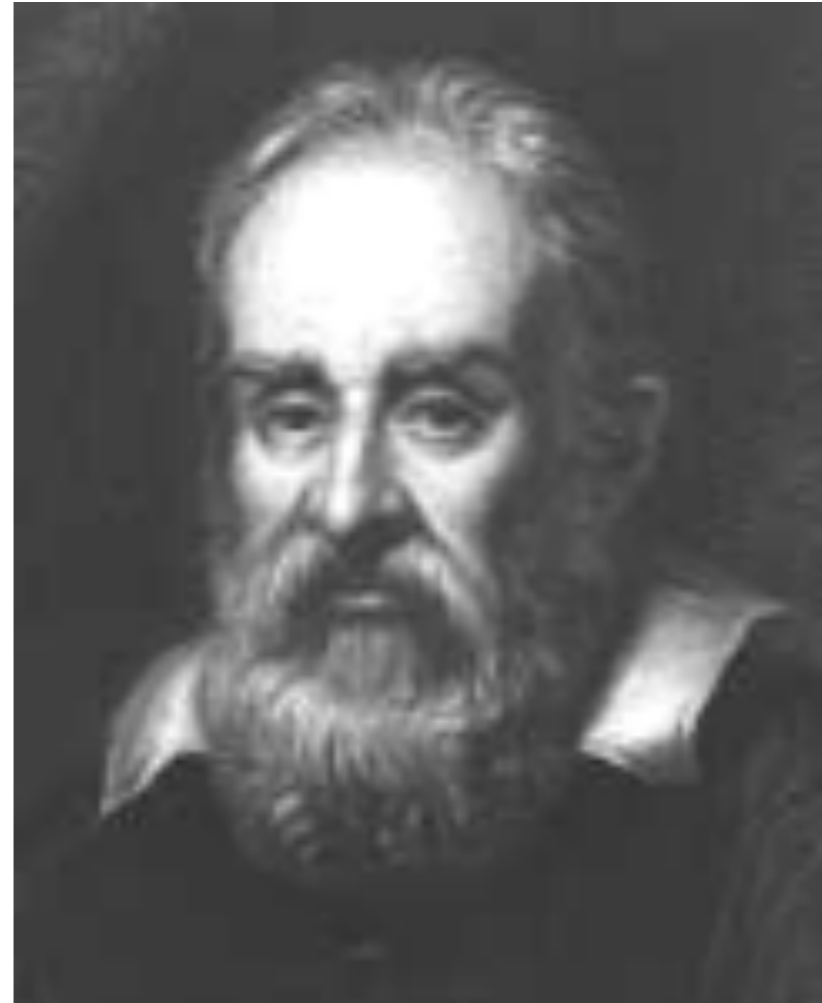
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Postulati della relatività ristretta



“No one must think that Newton’s great creation can be overthrown in any real sense by this [Theory of Relativity] or by any other theory. His clear and wide ideas will for ever retain their significance as the foundation on which our modern conceptions of physics have been built“ — A. Einstein

Relatività classica



Principio di relatività:

le leggi della fisica sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali

Relatività classica



$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$



$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$

Nel sistema di riferimento di Buzz, con che velocità vede avvicinarsi Thor?

Relatività classica



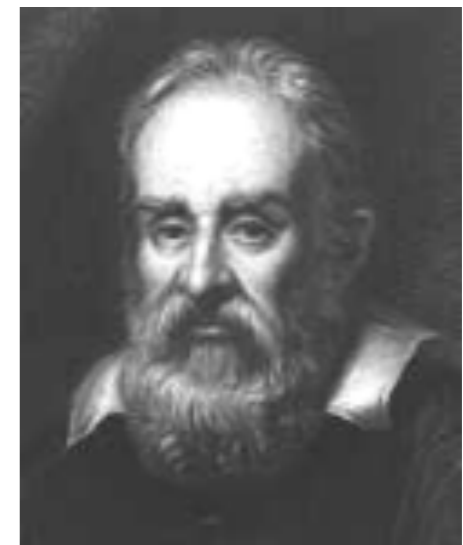
$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$



$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$

Nel sistema di riferimento di Buzz, con che velocità vede avvicinarsi Thor?

$$v = 2000000 \frac{m}{s}$$



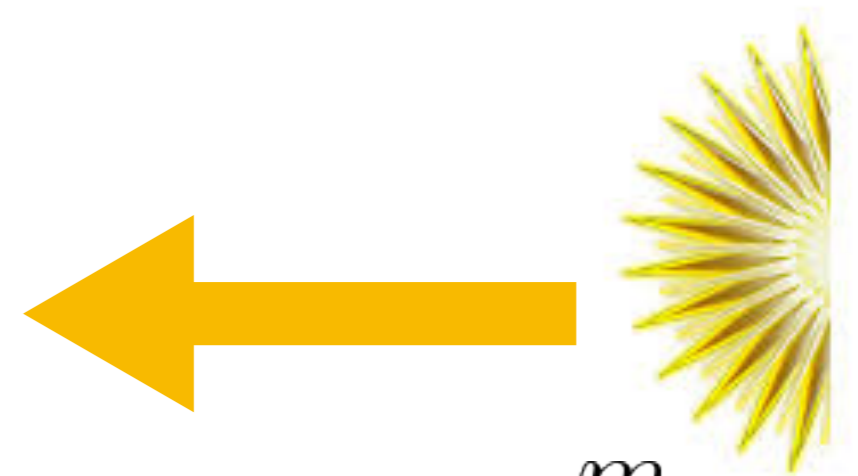
Relatività speciale



$$v = 0 \frac{m}{s}$$



$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$



$$v = 300000000 \frac{m}{s}$$

**Nel sistema di riferimento di Buzz, con che velocità vede avvicinarsi il raggio di luce?
E invece nel sistema di riferimento di Thor?**

Relatività speciale



$$v = 0 \frac{m}{s}$$

Buzz:

$$v = 300000000 \frac{m}{s}$$



$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$

Thor:

$$v = 301000000 \frac{m}{s}$$

Relatività speciale



$$v = 0 \frac{m}{s}$$

Buzz:

$$v = 300000000 \frac{m}{s}$$



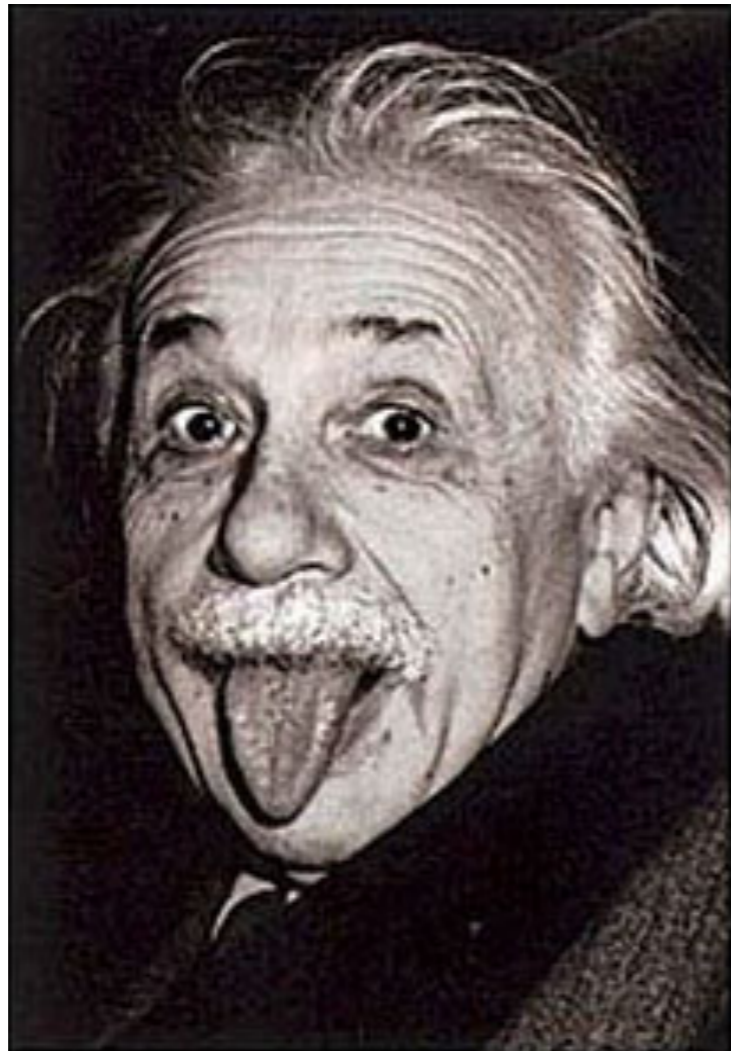
$$v = 1000000 \frac{m}{s}$$

Thor:

$$v = 301000000 \frac{m}{s}$$



Relatività speciale



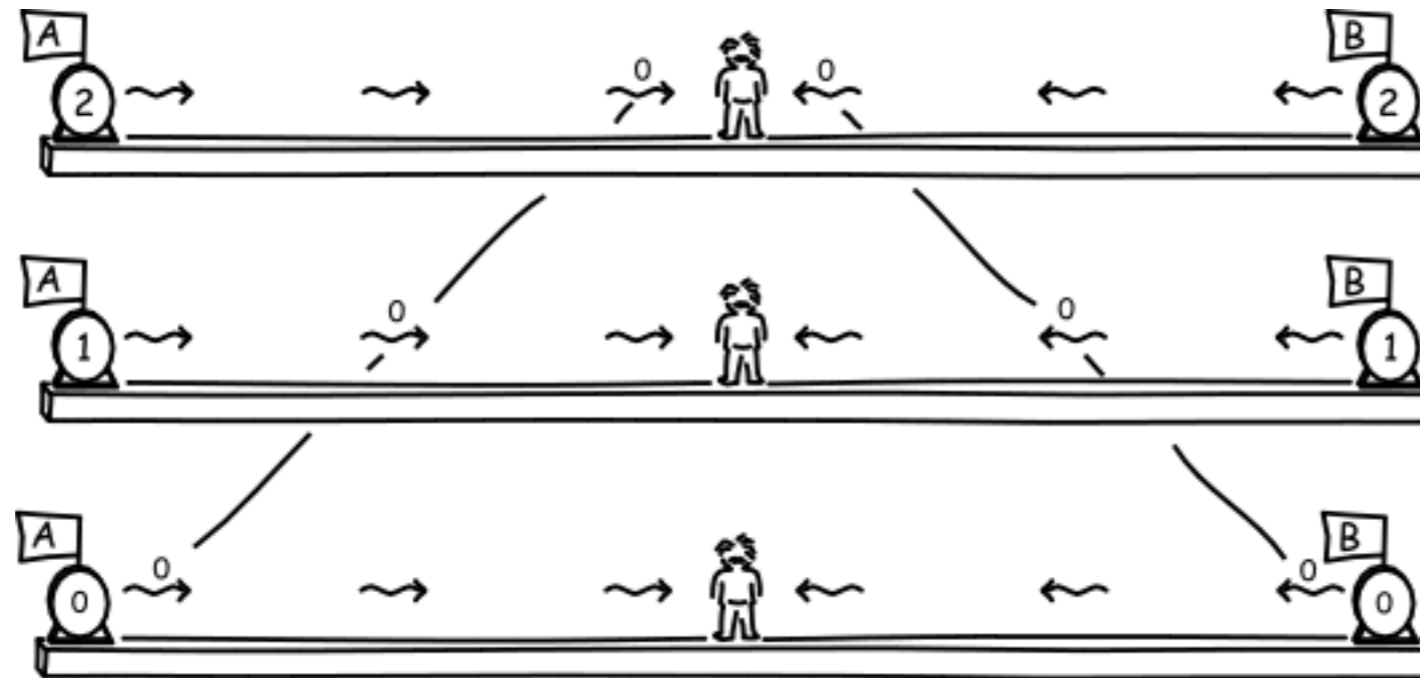
**La velocità della luce è la
stessa per tutti gli
osservatori!**

$$v = 300000000 \frac{m}{s}$$

**Questo porta con se
'strane' conseguenze**

Simultaneità degli eventi

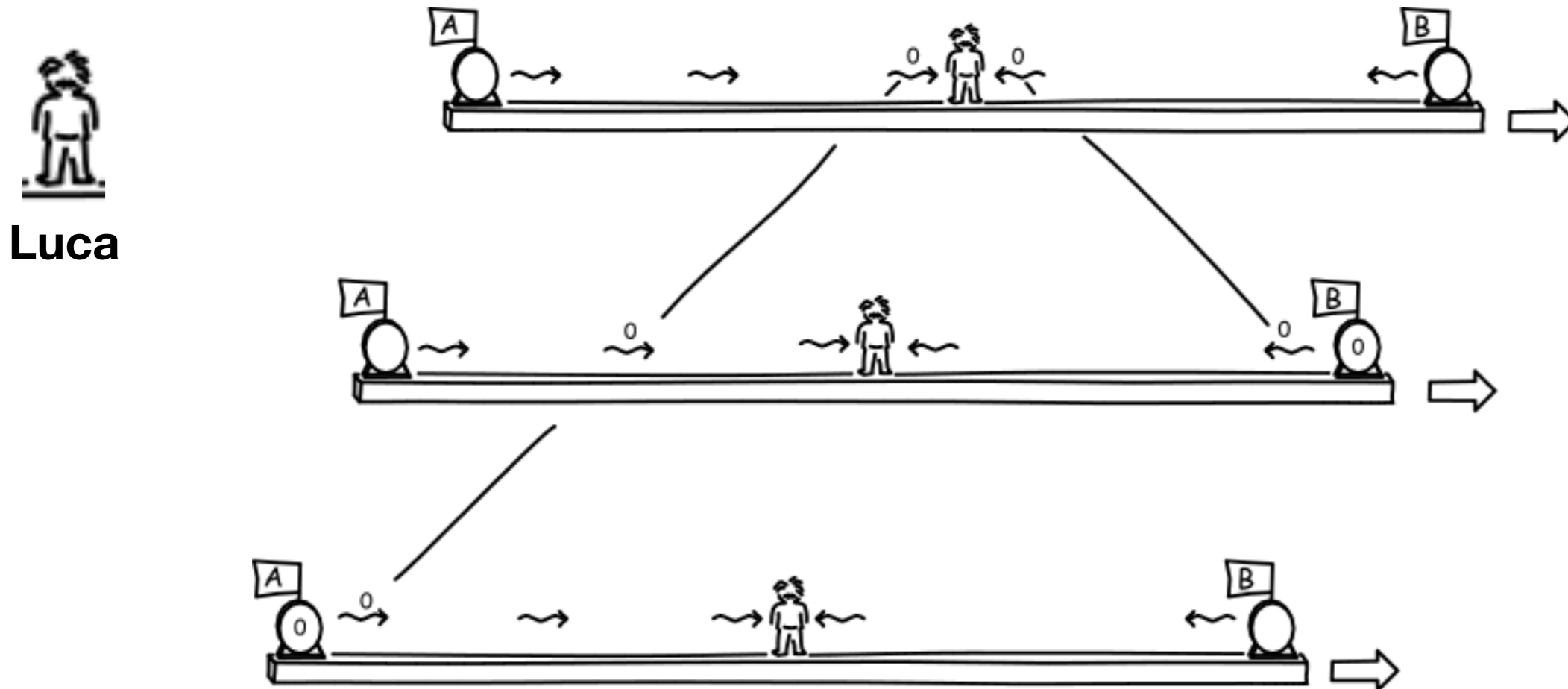
Mettiamo due orologi e due flash nei punti A e B agli estremi di una piattaforma e Bob al centro



Bob: i due flash sono arrivati simultaneamente!

Simultaneità degli eventi

Mettiamo ora la piattaforma in moto...



Bob: i due flash sono arrivati simultaneamente!

Luca: i due flash sono arrivati simultaneamente, ma il flash A è partito prima!

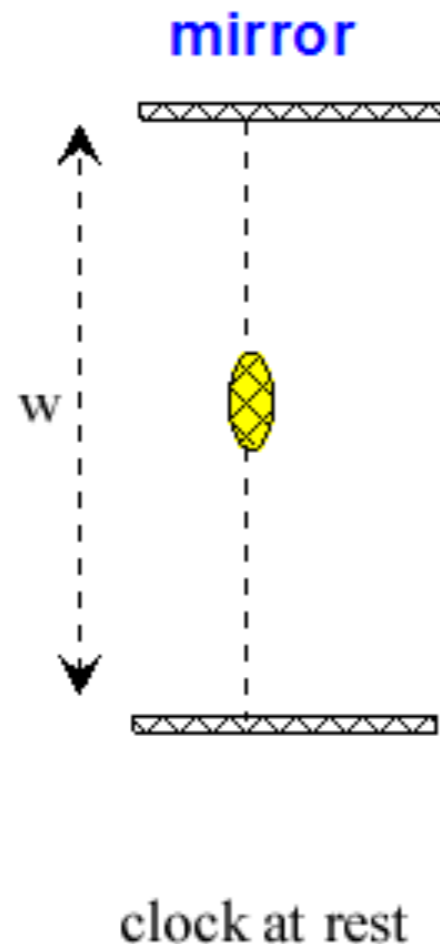
Simultaneità degli eventi

La simultaneità è relativa!
Eventi avvenuti in un determinato tempo e luogo possono avvenire in tempi e luoghi diversi



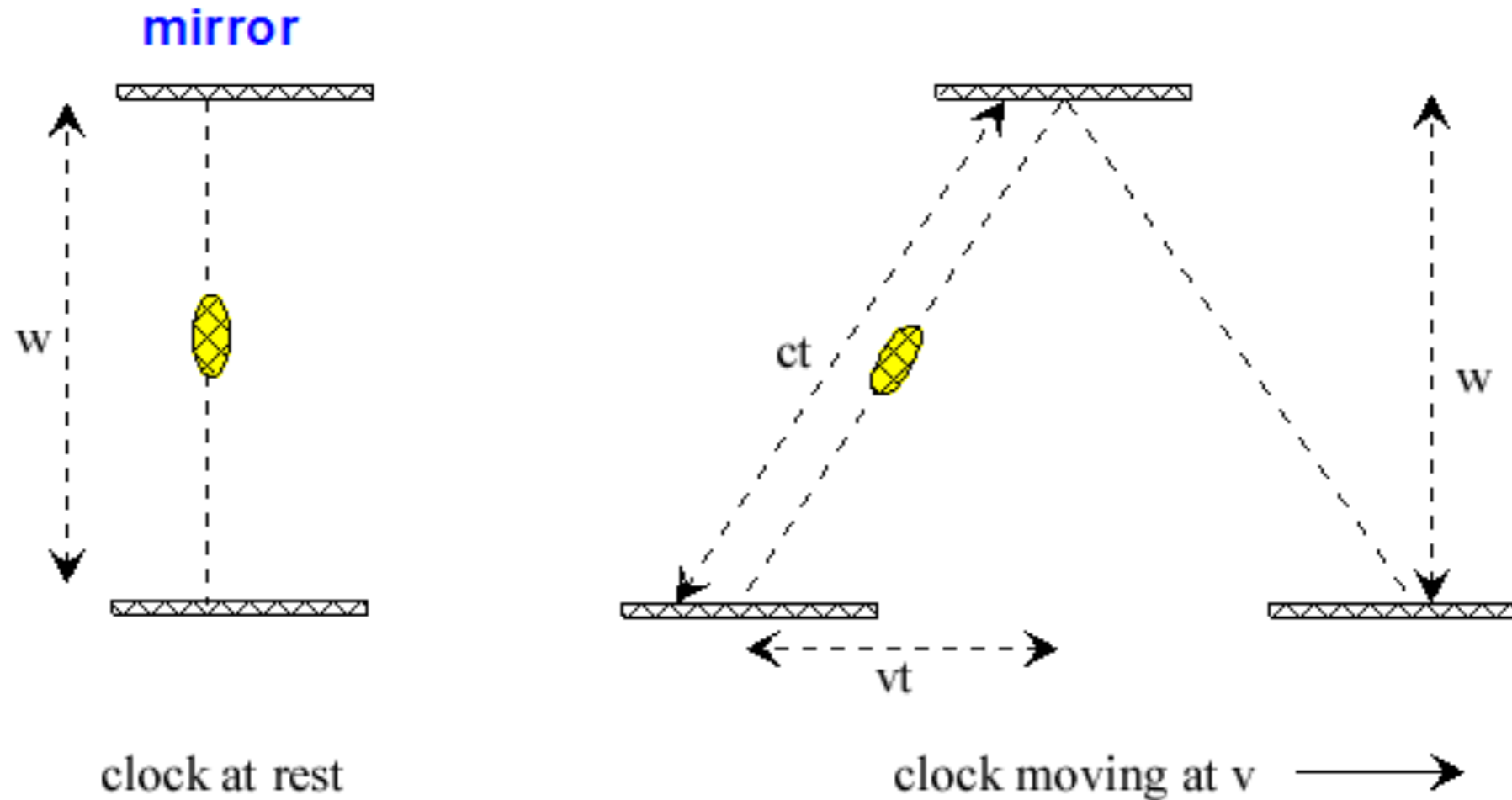
A COMMON DISAGREEMENT WHEN ONE OF YOU IS DOING ALL THE MOVING.

Dilatazione dei tempi



**Immaginate un orologio che segna il tempo con la luce
un'unità di tempo è data dalla distanza w diviso la velocità della luce**

Dilatazione dei tempi



**Quando l'orologio è in movimento la distanza percorsa sarà maggiore...
quindi il tempo andrà più lento!**

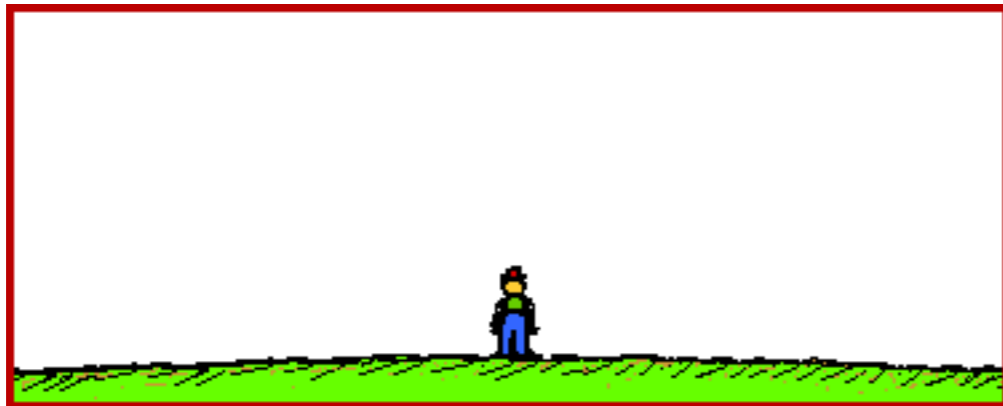
Contrazione dello spazio



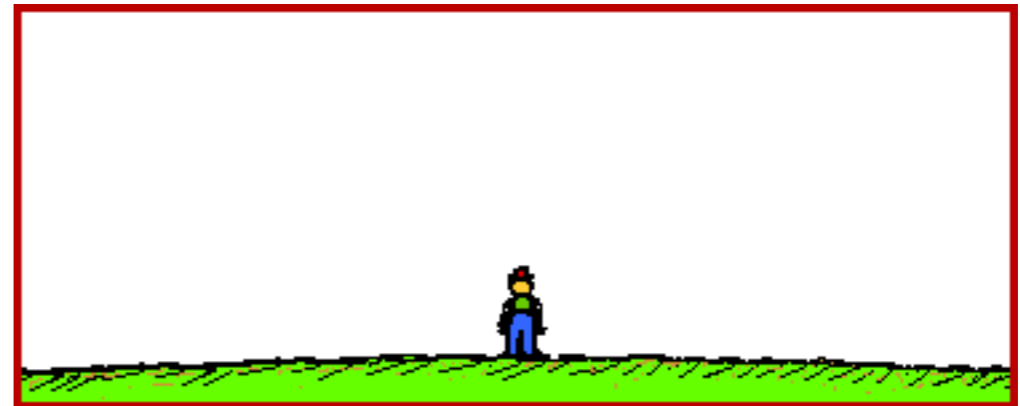
10% velocità della luce



87% velocità della luce



99% velocità della luce



99.99% velocità della luce

La lunghezza di un corpo che si muove a velocità relativistiche (comparabile alla velocità della luce) subisce una contrazione lungo la direzione del moto

Paradosso dei gemelli



Sulla terra vi sono due gemelli, uno parte per un viaggio interstellare (a velocità relativistiche), l'altro rimane sulla terra ad aspettarlo

Al rientro dal viaggio interstellare i gemelli si incontrano dopo anni. Per uno dei due il tempo non sembra essere passato..

Paradosso dei gemelli

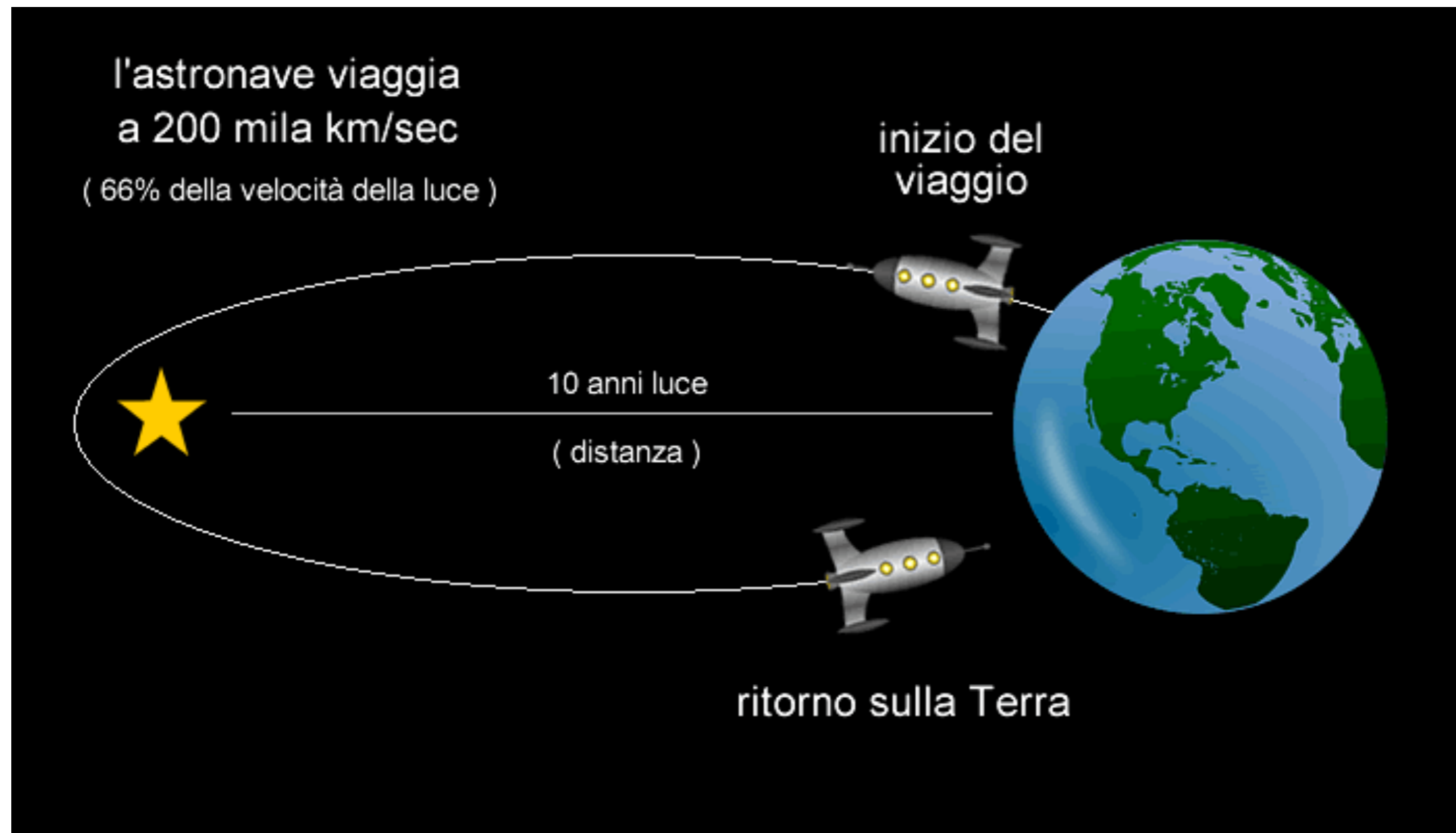


image credits:
www.andreaminini.org

Paradosso dei gemelli

Sistema riferimento
terra

70 anni



gemello
sulla Terra

62 anni



gemello
astronauta

Sistema riferimento
astronave

56 anni



gemello
sulla Terra

62 anni

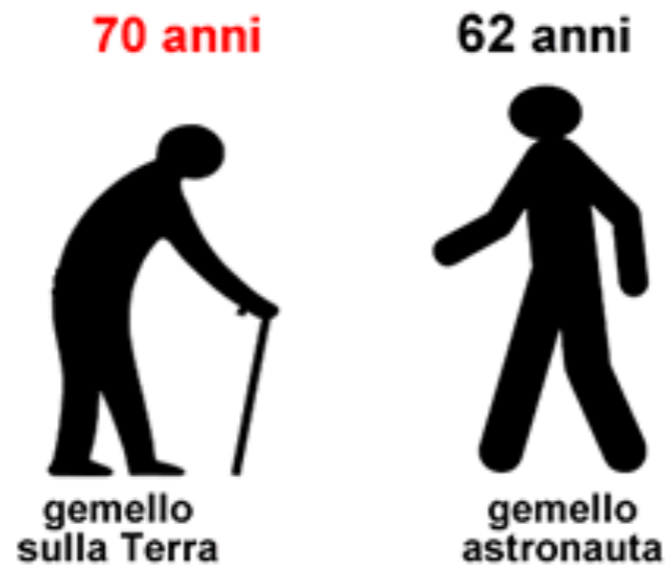


gemello
astronauta

Quale dei due sistemi è giusto?

Paradosso dei gemelli

Sistema riferimento terra



VERO

Sistema riferimento astronave



FALSO

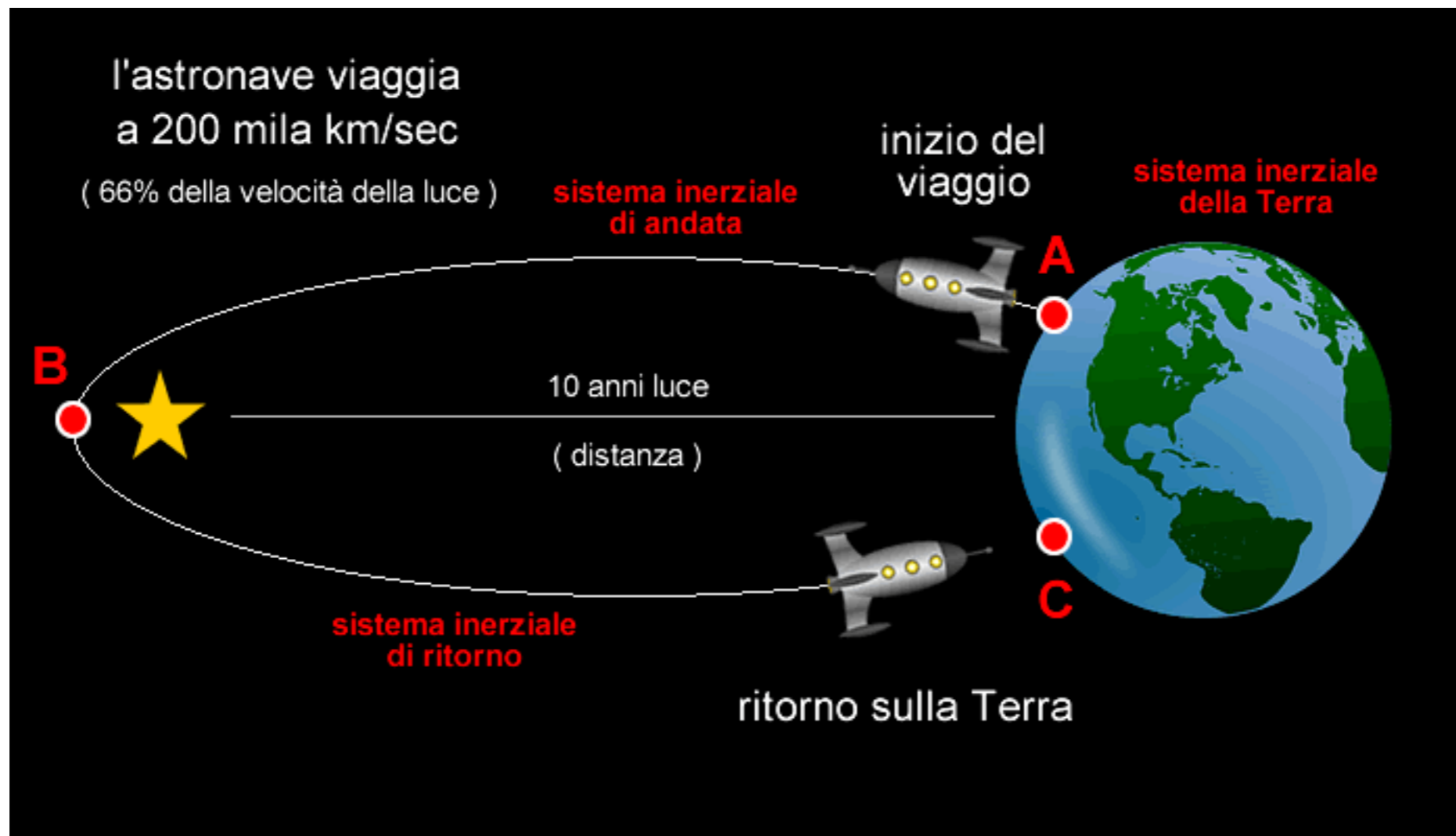
Perché?

Paradosso dei gemelli

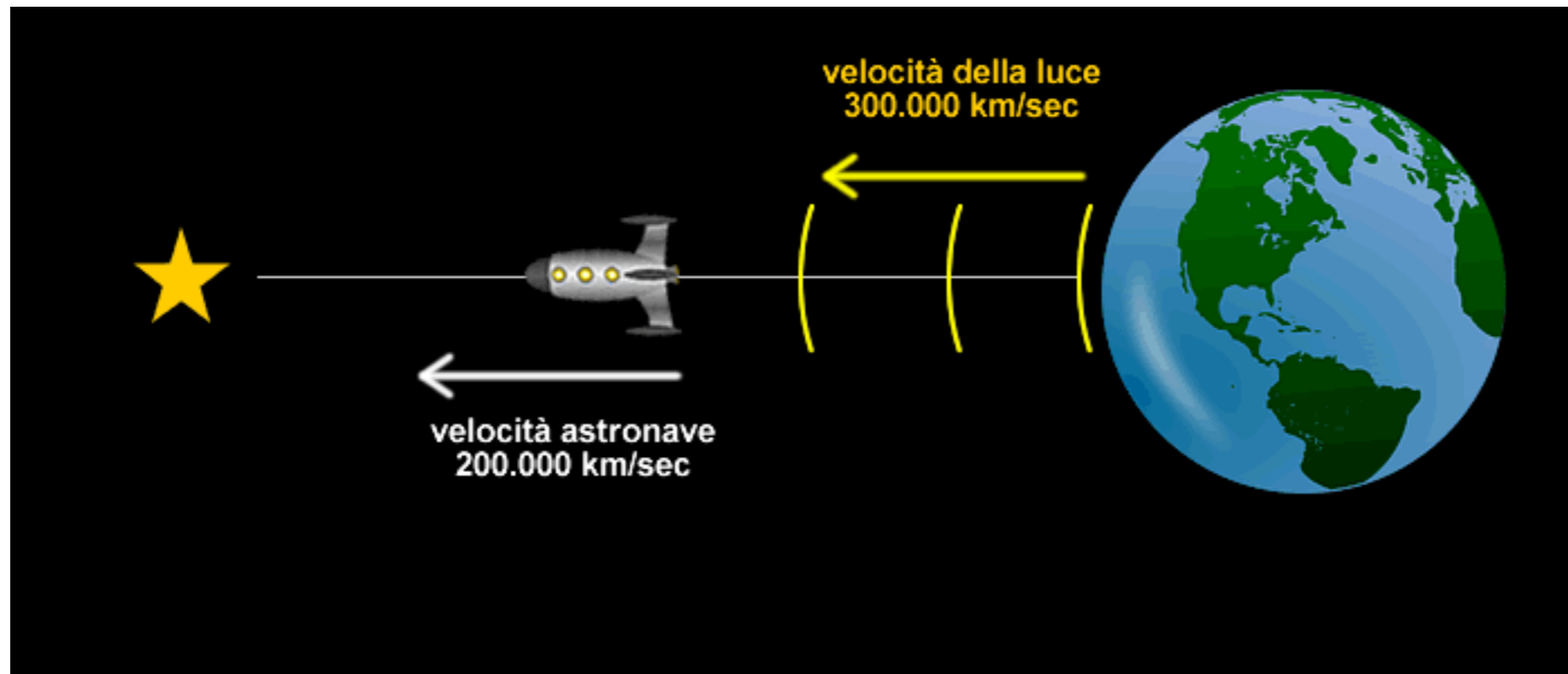
I sistemi di riferimento sono 3!

- Terra
- Astronave AB
- Astronave BC

Ma cosa cambia? Il tempo scorre in maniera diversa nel viaggio d'andata e di ritorno

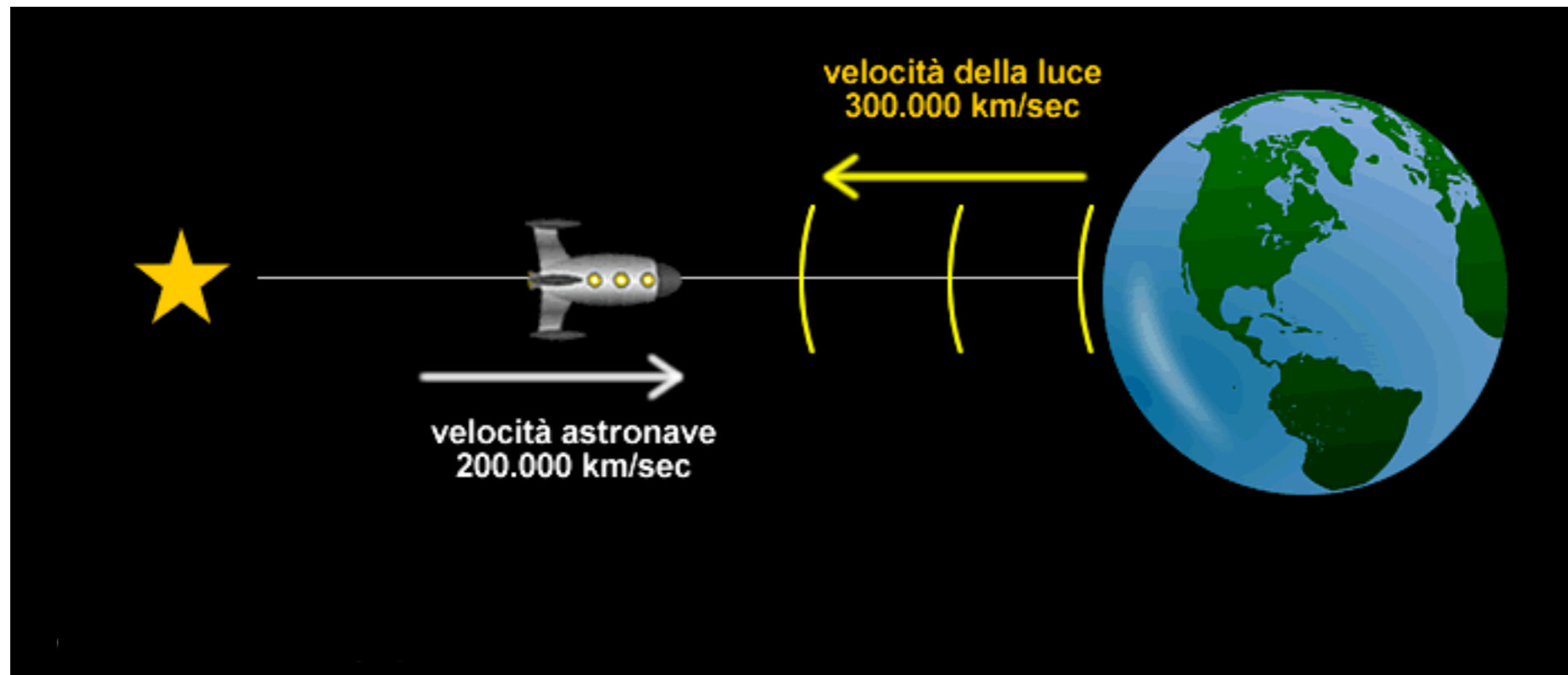


Paradosso dei gemelli



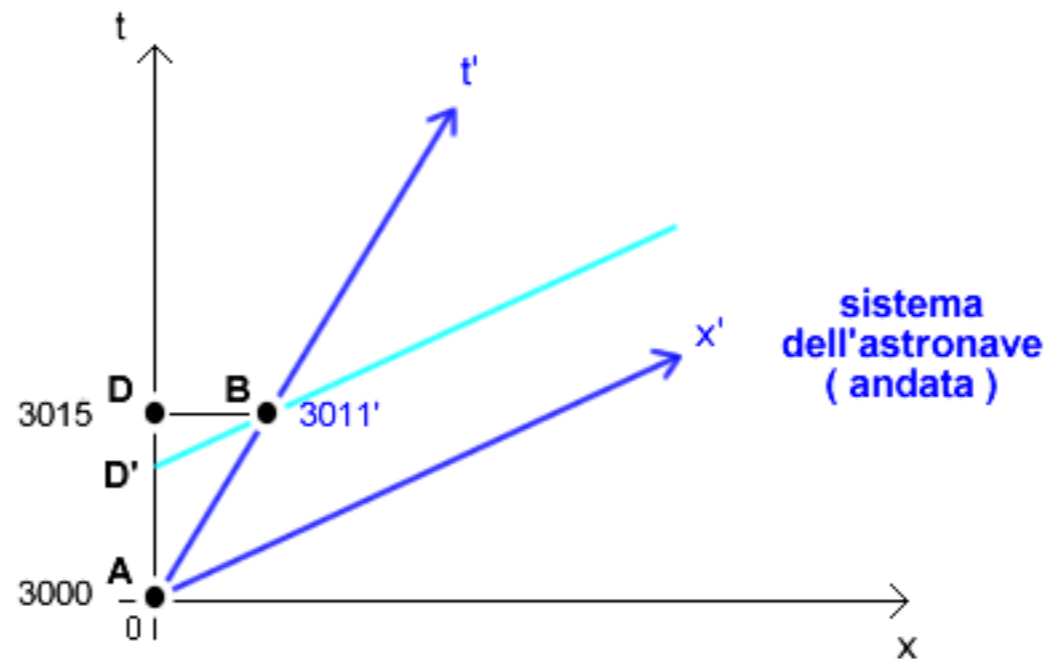
Nella fase di andata l'astronave vede il tempo scorrere più lentamente. Giunto alla stella se guardasse la terra vedrebbe un tempo passato.

Paradosso dei gemelli



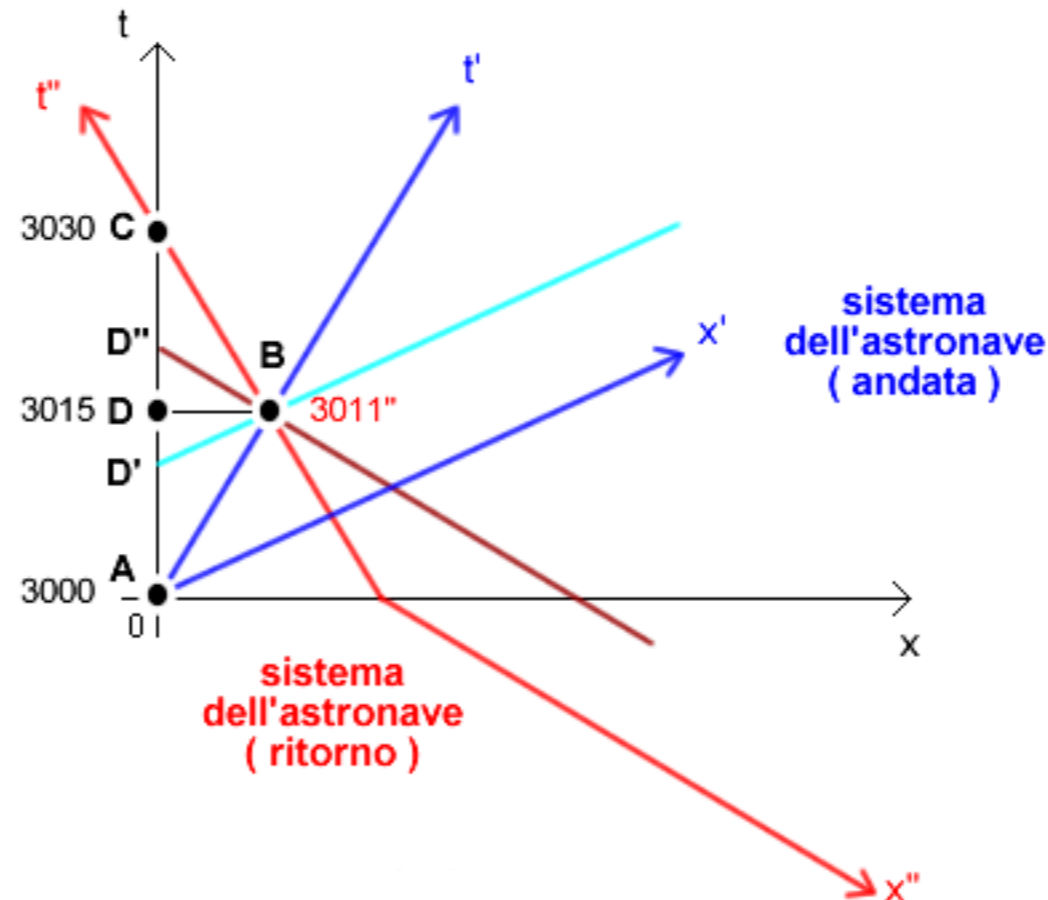
Al contrario, nel tragitto di ritorno lo vede scorrere più velocemente, fino a compensare e superare il ritardo accumulato all'andata!

Paradosso dei gemelli



- Partenza dal punto A , anno 3000
- Arrivo alla stella (punto B), il calendario sull'astronave segna 3011
- Sulla terra l'astronave è attesa arrivare solo nel 3015 (punto D)
- Gli eventi B e D non sono simultanei! Se l'astronave arrivata al punto B osservasse la terra vedrebbe la terra 'passata' (punto D')

Paradosso dei gemelli

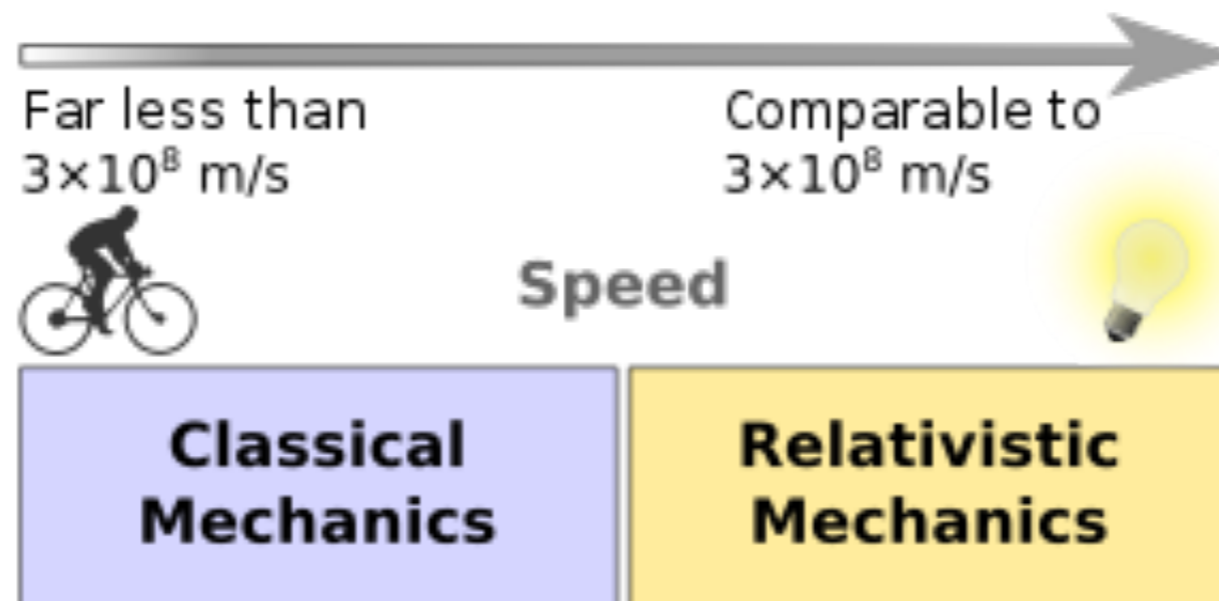


- **Viaggio di ritorno da B a C, durante il viaggio l'astronave osserva la terra 'futura' (punto D''). Il tempo sulla terra scorre più velocemente**
- **Arrivo sulla terra nel punto C, anno 3030 per entrambi i calendari. L'astronave ha impiegato 30 anni per fare il viaggio in tutti i sistemi di riferimento!**

il gemello terrestre ad essere invecchiato di più (30 anni) mentre il gemello astronauta di meno (22 anni)

Conclusioni

Con due postulati Einstein ha rivoluzionato il mondo fisico. La nuova teoria estende quella classica: dalle nuove equazioni di trasformazione dello spazio e del tempo, note come Equazioni di Lorentz, si possono derivare facilmente le trasformazioni di Galileo, quando la velocità del sistema è molto minore della velocità della luce .



E dopo?

