

# UTL Vimercate 2012



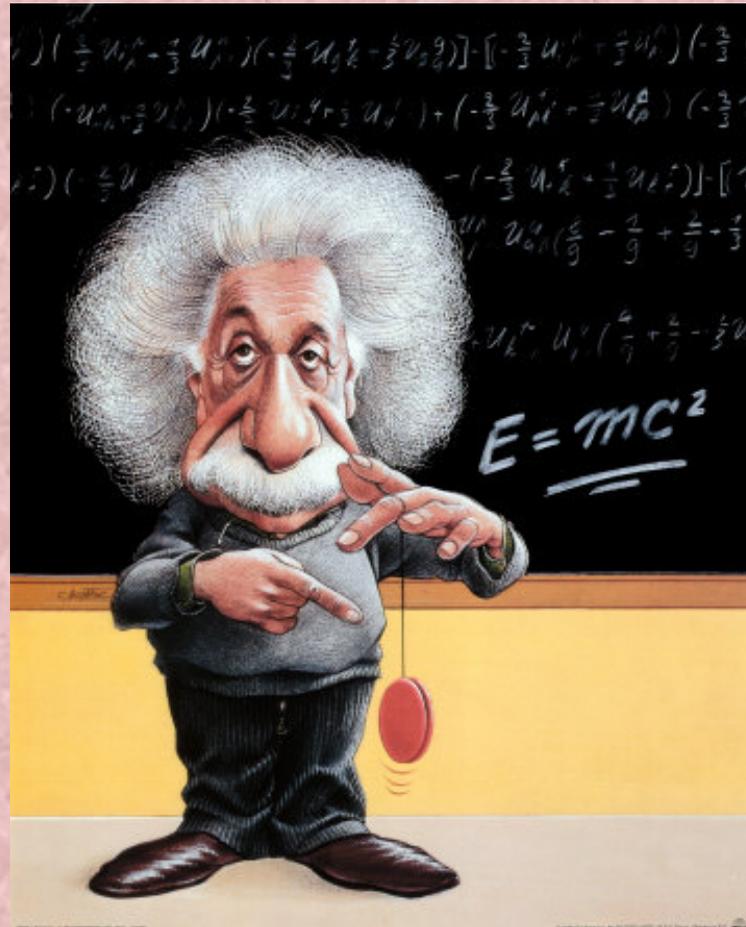
**Stefano Covino**

*INAF - Osservatorio  
Astronomico di Brera*

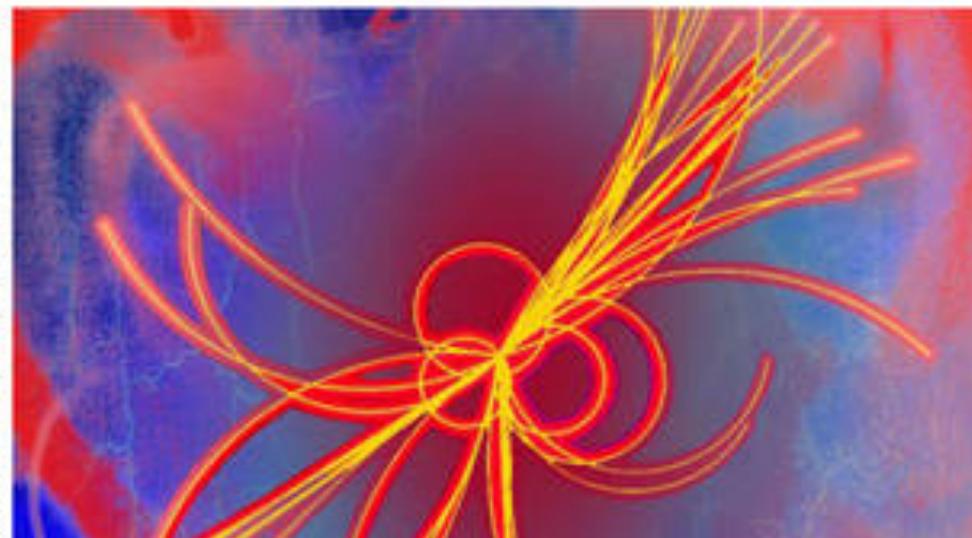
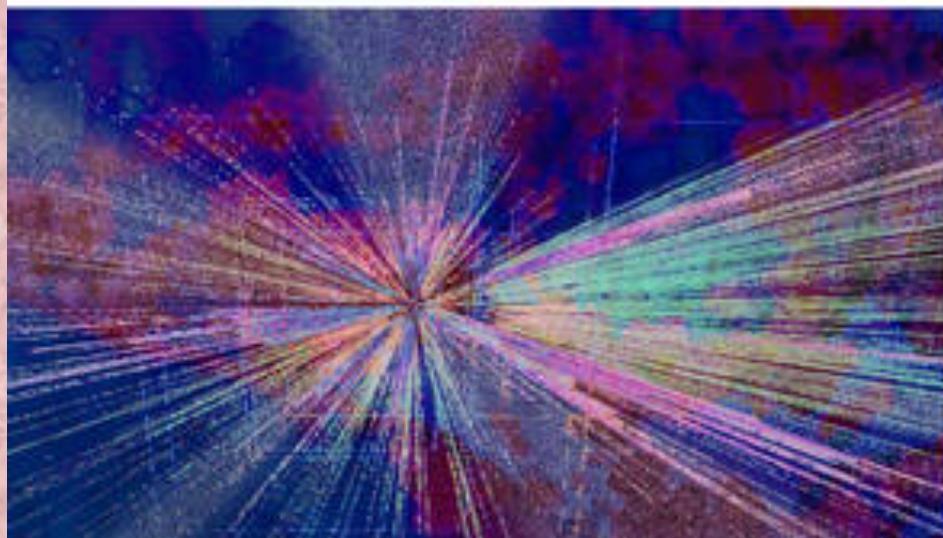
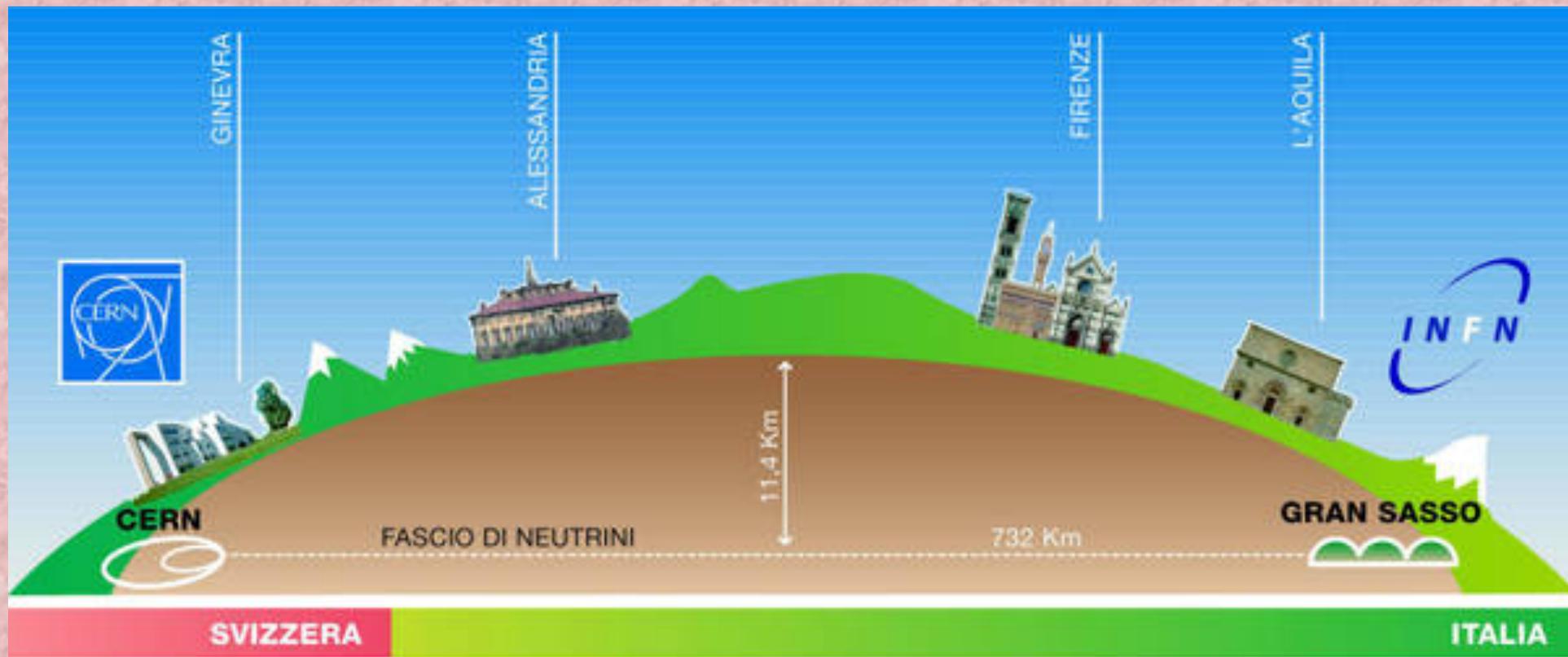


Vimercate – giovedì 12 Aprile 2012

# E via, più veloci della luce?

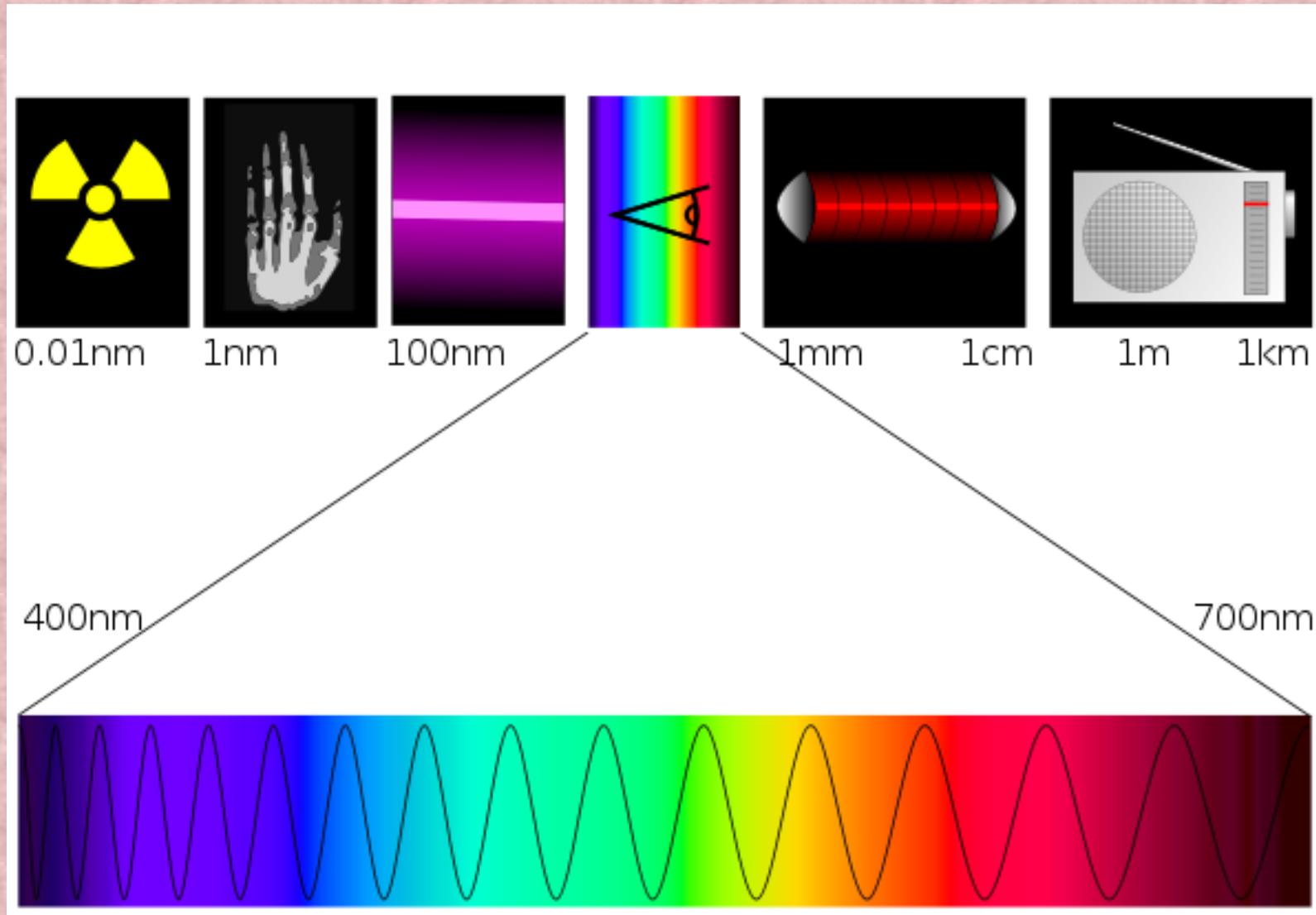


L'ANTEFATTO!

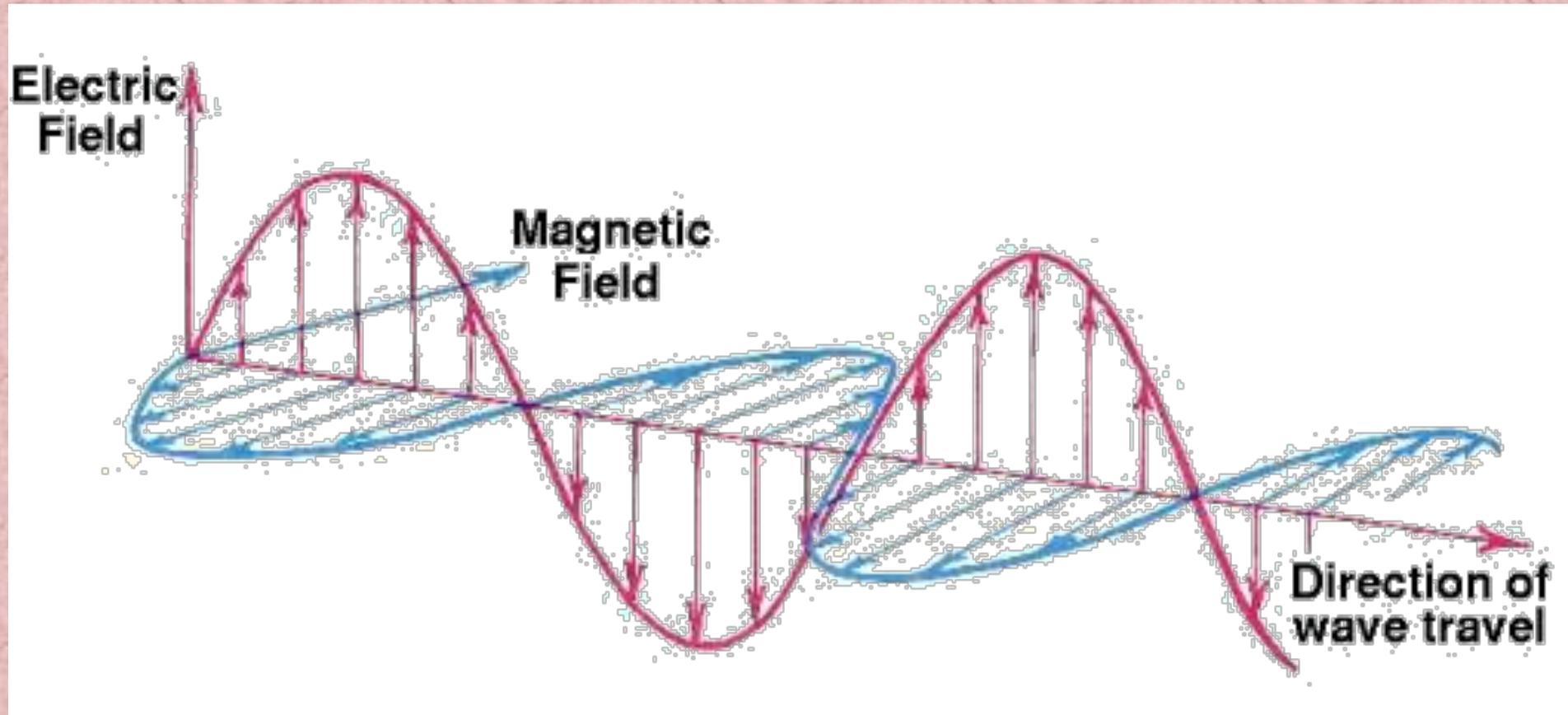
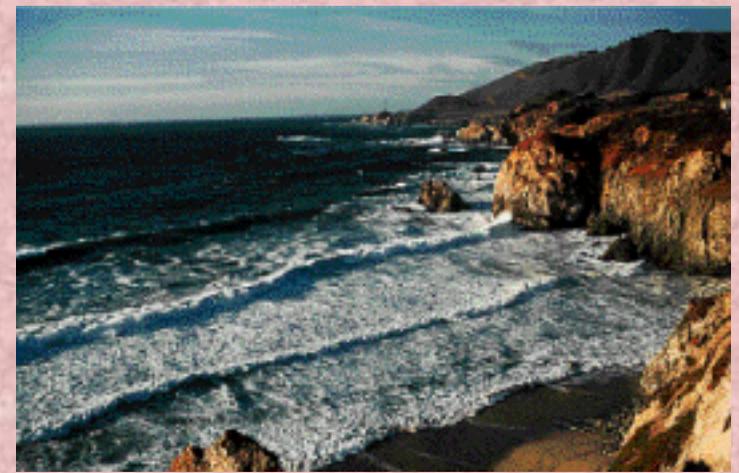


L'ARGOMENTO!

# Prima di tutto... che cosa è la luce?



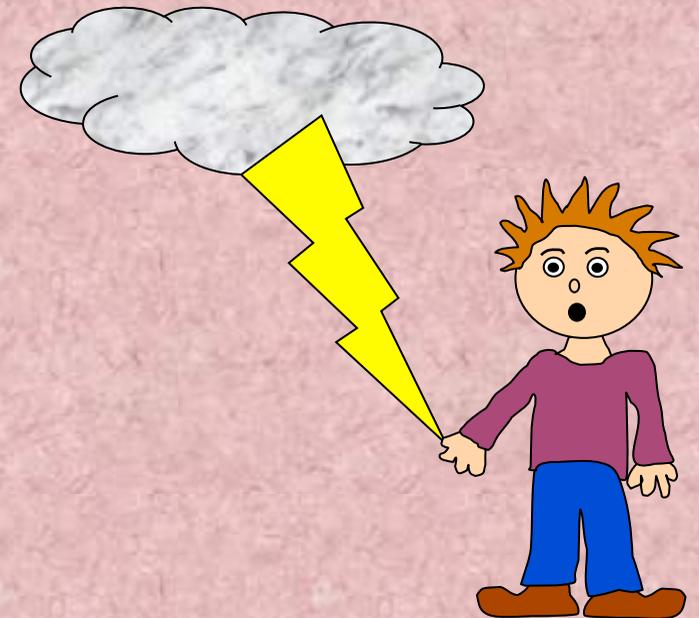
O, più tecnicamente...



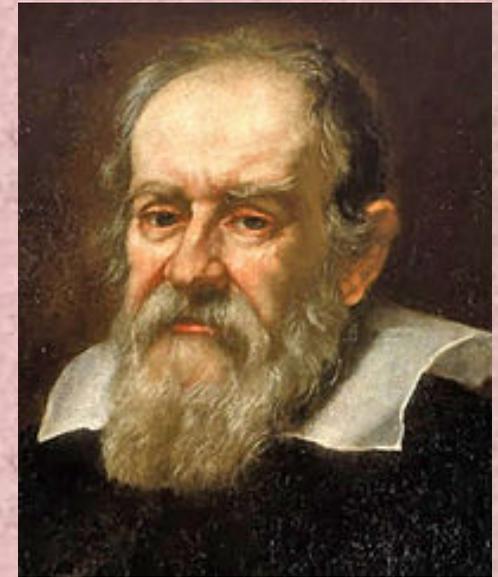
LA VELOCITÀ!

# La luce viaggia velocemente...

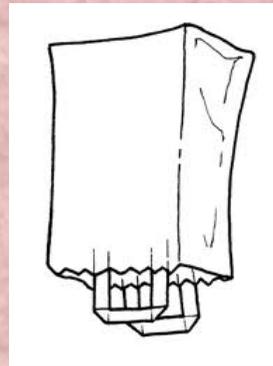
- È esperienza comune che il lampo è visibile ben prima del tuono ad esso associato.
- Lo stesso fenomeno è percepibile con l'esplosione di, per esempio, un colpo di pistola.
- Per secoli, in realtà, è stato considerato possibile che la luce si propagasse istantaneamente, ovvero a velocità infinita.



# E quanto è veloce?



Galileo Galilei (1564 – 1642)



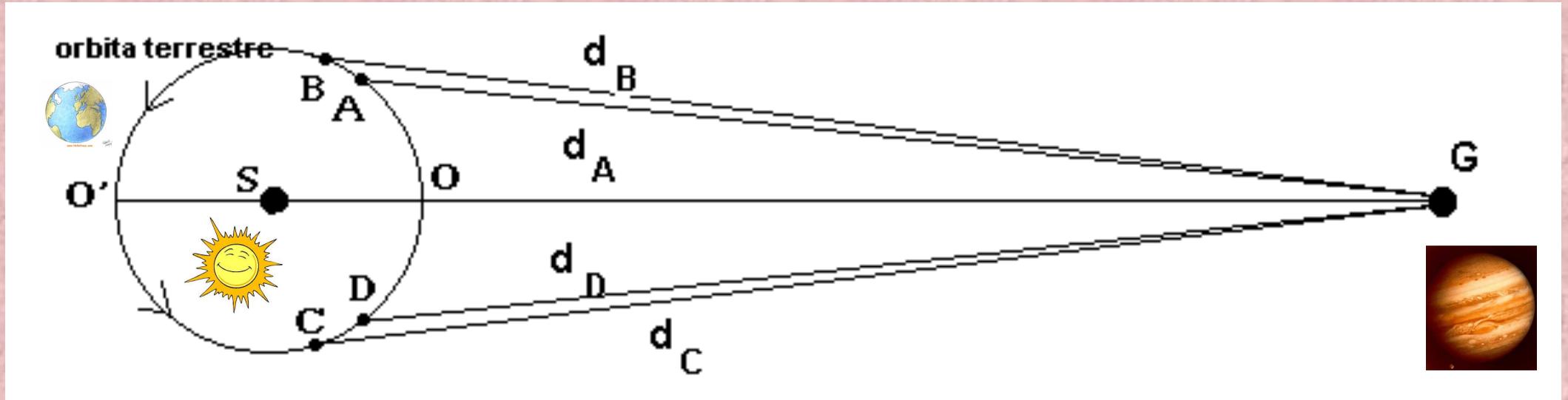
# E quanto è veloce?



Ole Rømer (1644 – 1710)

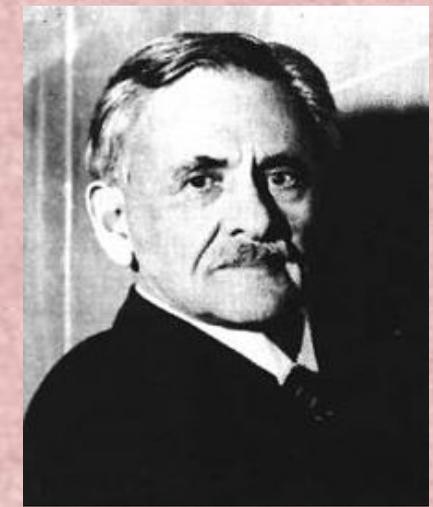
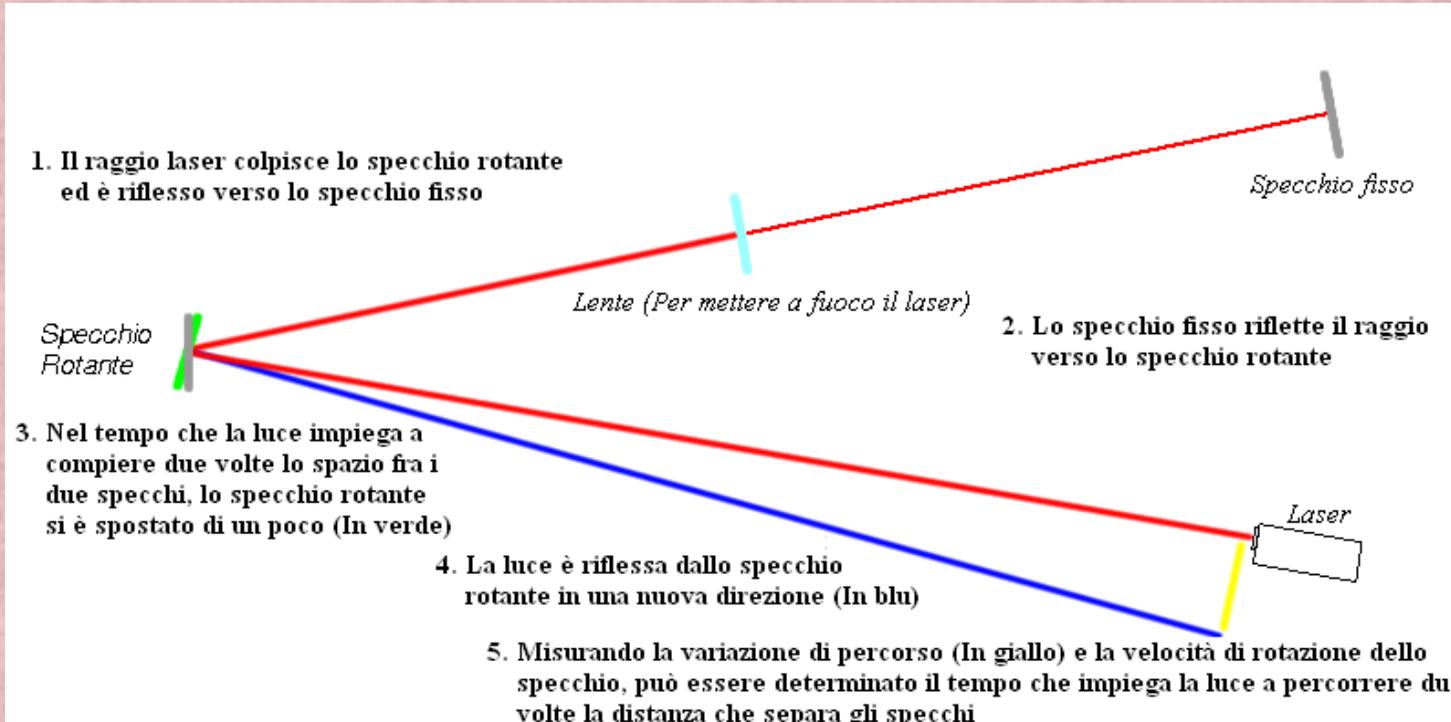


A seconda della posizione della Terra nella sua orbita la durata delle eclissi cambia:



Rømer ottenne un valore di circa 227 000 km/s!

# E quanto è veloce?



Albert Michelson (1852 – 1931)



Léon Foucault (1819 – 1868)

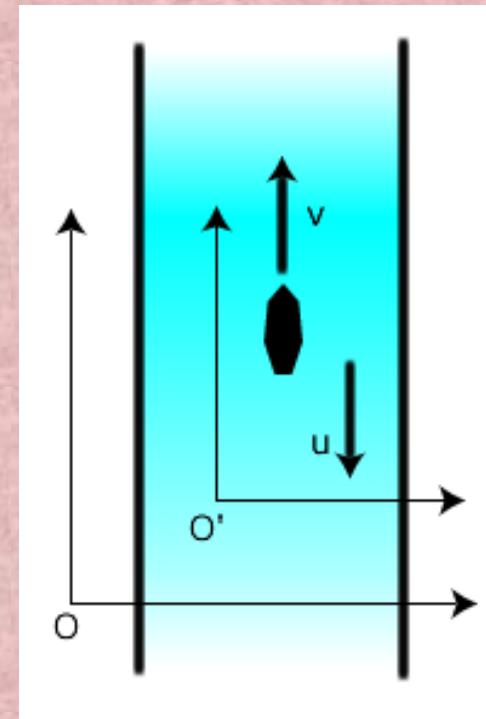
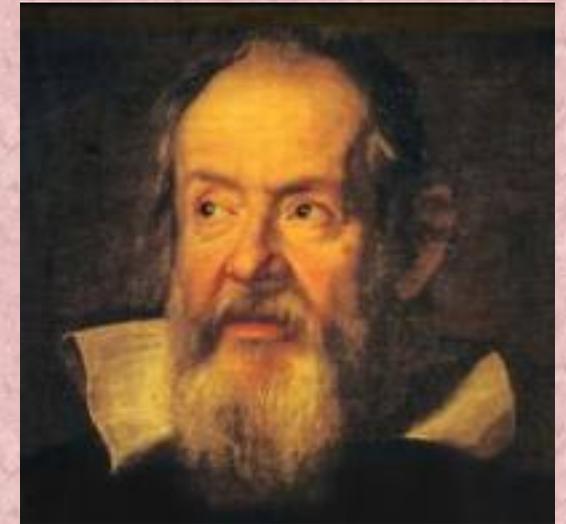
Arrivando al valore di 299 796 km/s!

# In realtà è stato un percorso lungo...

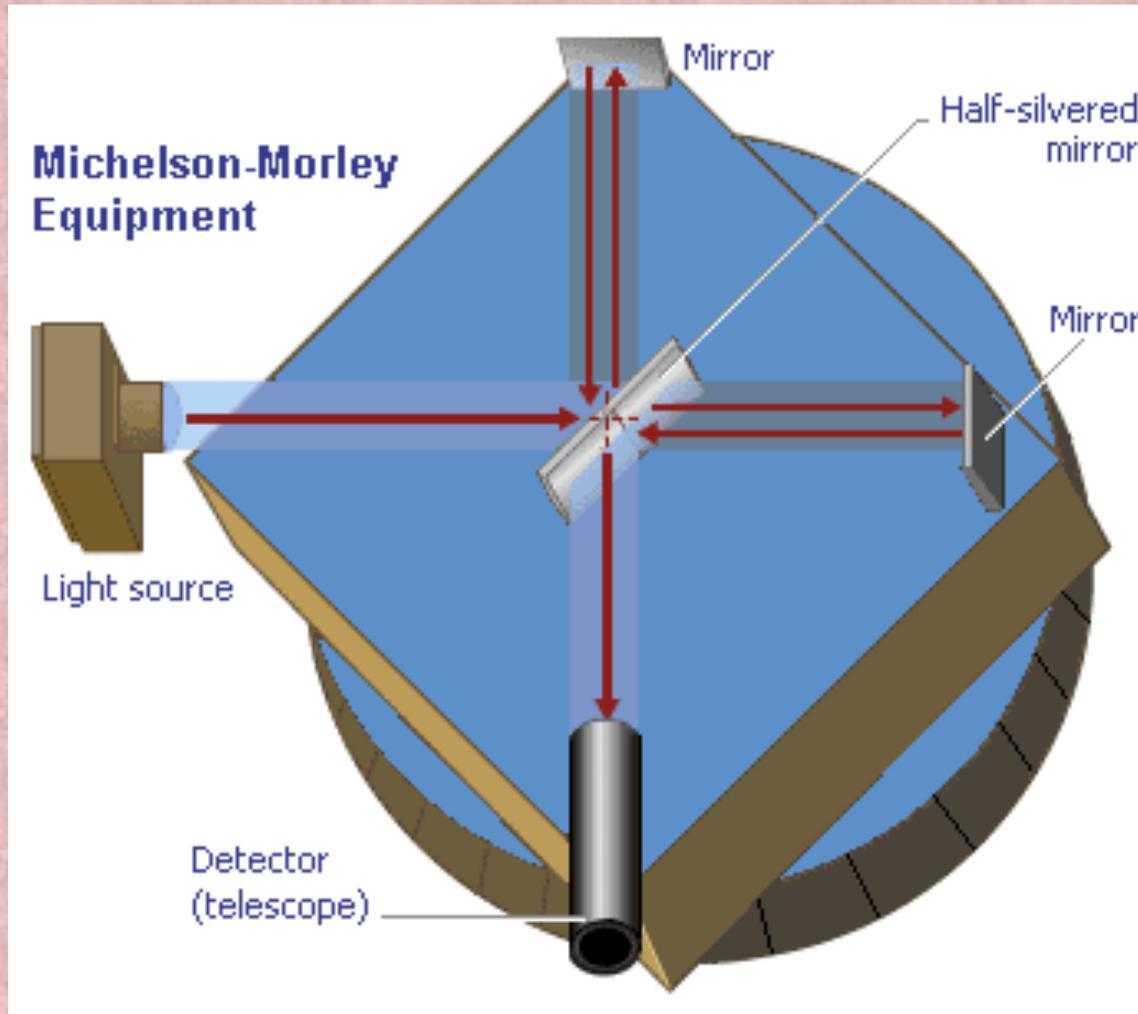
Date	Author	Method	Result (km/s)	Error
1676	Olaus Roemer	Jupiter's satellites	214,000	
1726	James Bradley	Stellar aberration	301,000	
1849	Armand Fizeau	Toothed wheel	315,000	
1862	Leon Foucault	Rotating mirror	298,000	+500
1879	Albert Michelson	Rotating mirror	299,910	+50
1907	Rosa, Dorsay	Electromagnetic constants	299,788	+30
1926	Albert Michelson	Rotating mirror	299,796	+4
1947	Essen, Gorden-Smith	Cavity resonator	299,792	+3
1958	K. D. Froome	Radio interferometer	299,792.5	+0.1
1973	Evanson <i>et al</i>	Lasers	299,792.4574	+0.001
1983		Adopted value	299,792.458	

RELATIVITÀ?

# Moti composti

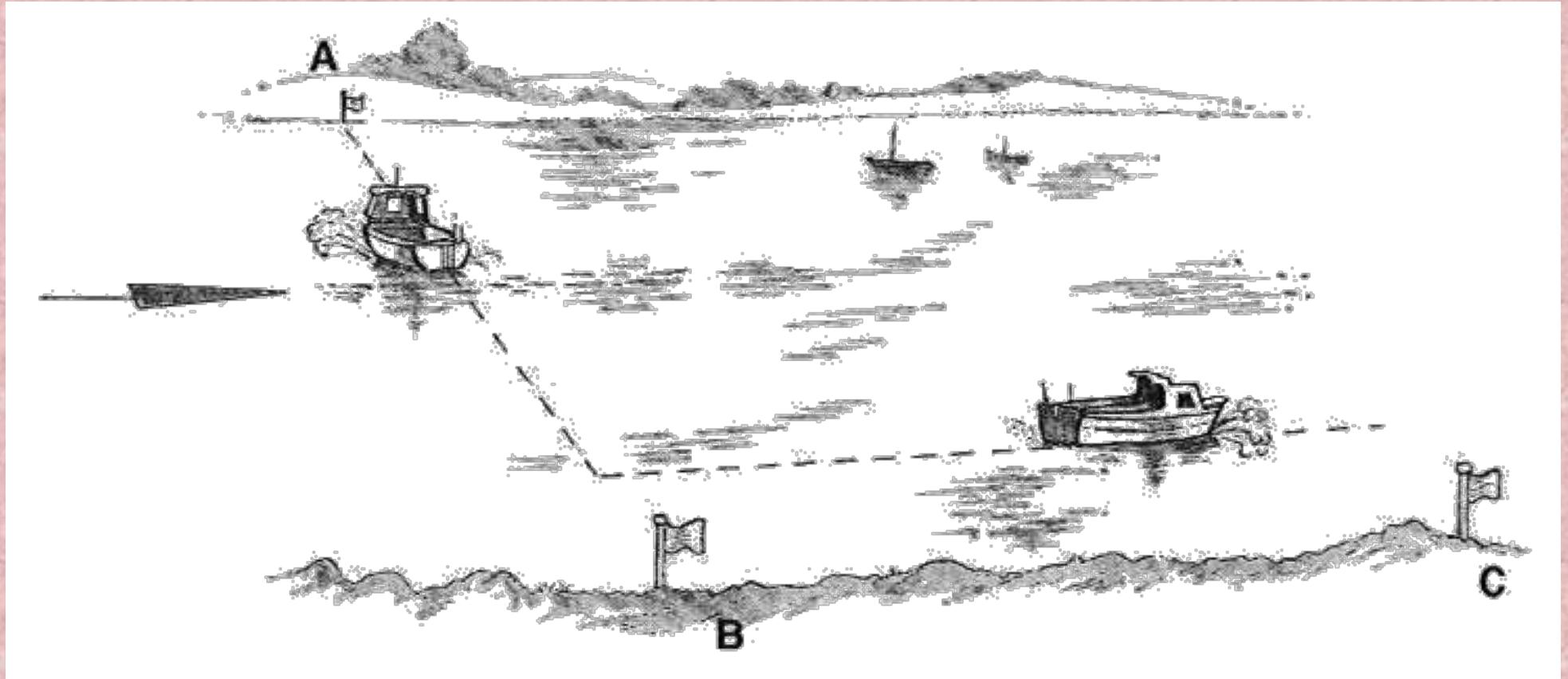


# Moti composti per la luce



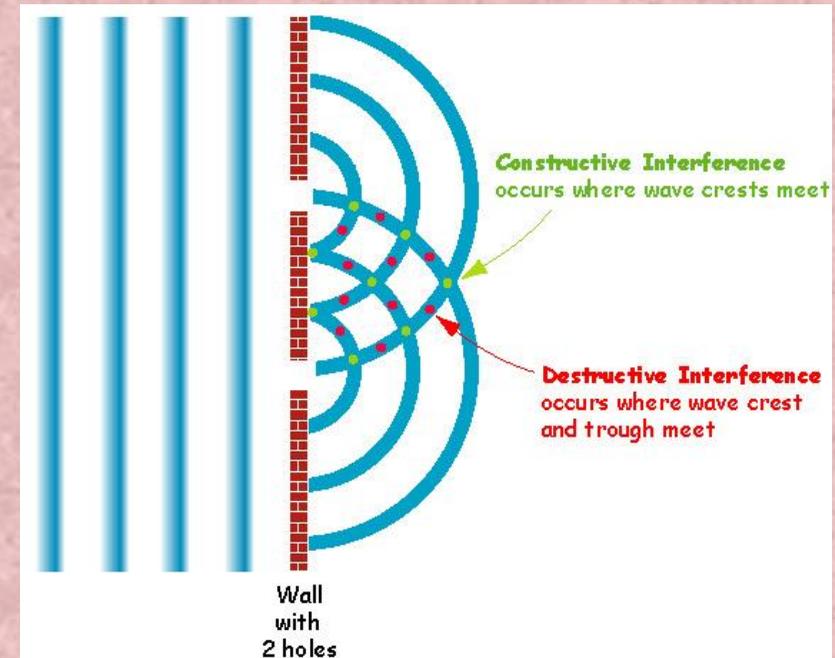
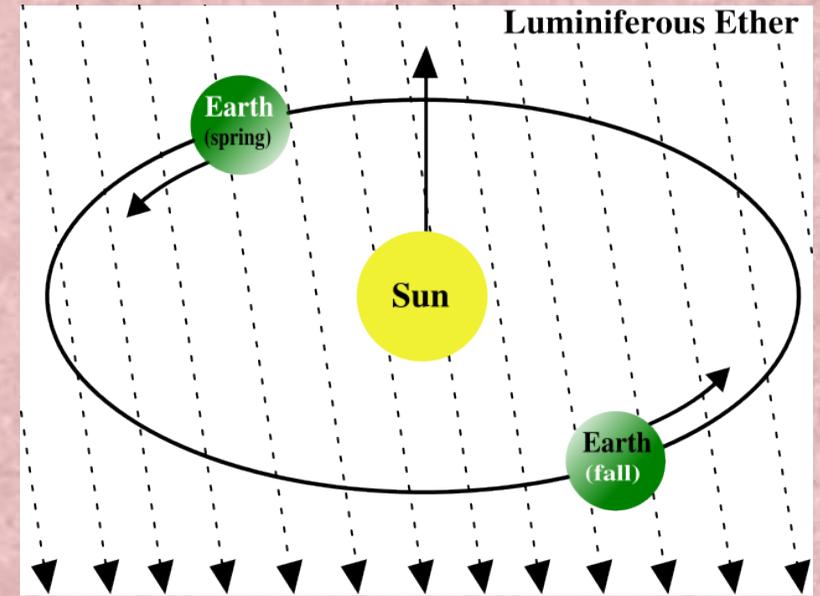
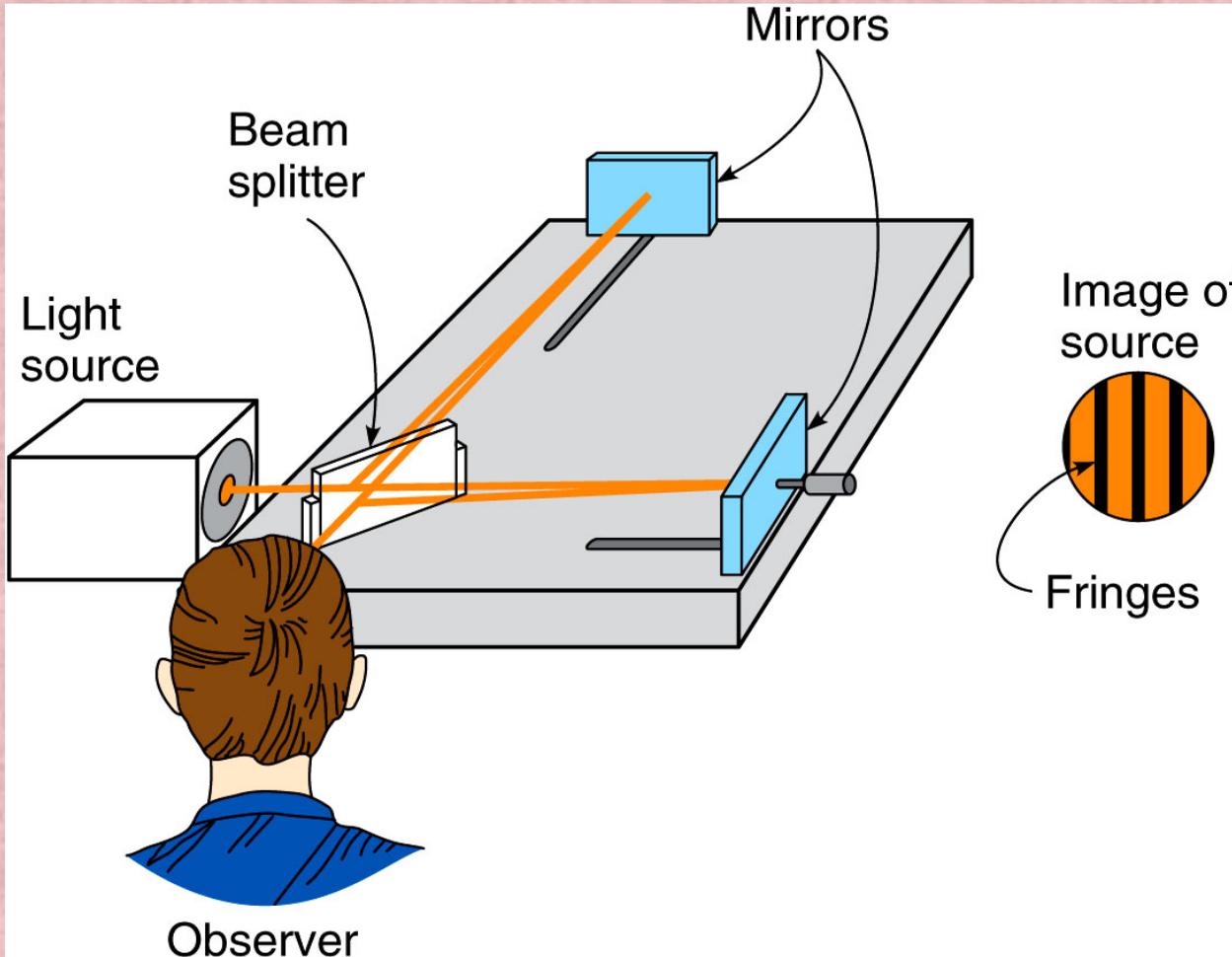
La luce sembrava avere la stessa velocità in qualunque direzione!

# Etere o non etere?

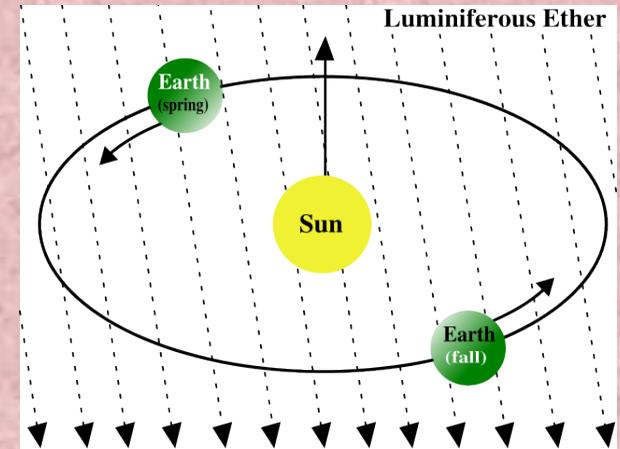


L'idea era un po' di misurare la velocità di una barca in un fiume in diverse direzioni rispetto alla corrente...

# Moti composti per la luce



# Ed il risultato cosa significa?



Due possibilità:

1. Dove l'esperimento è condotto è il centro dell'universo... (Cleveland, Ohio)
2. Non esiste una cosa come l'etere per le onde elettromagnetiche

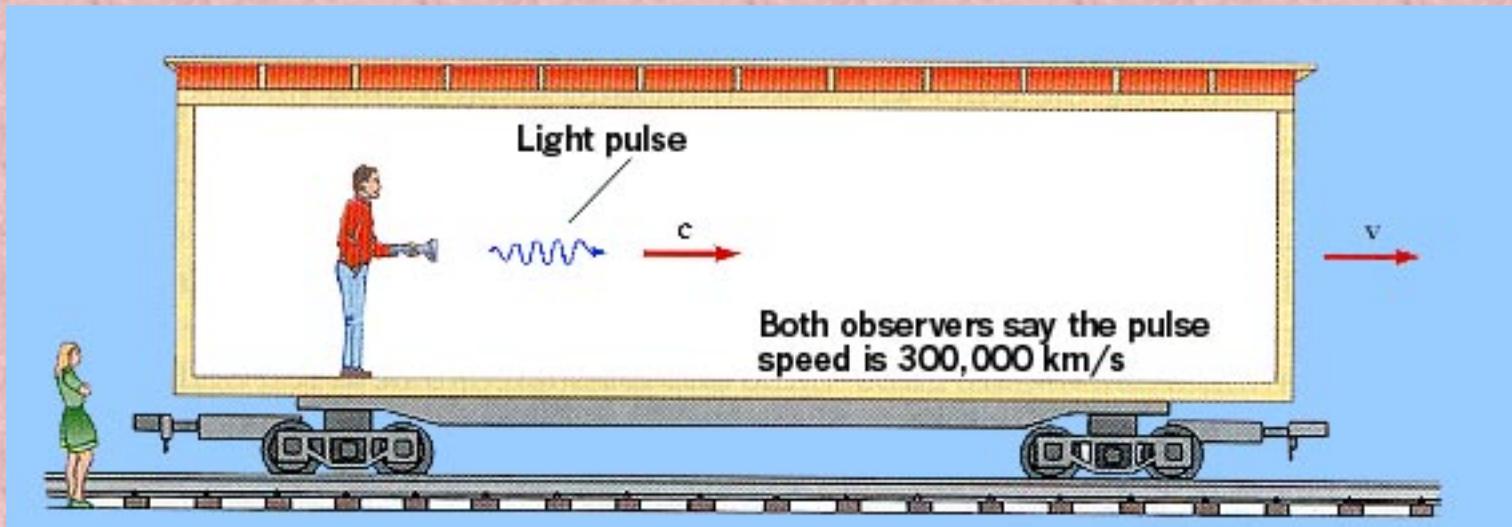
E la luce viaggia a "c" in tutte le direzioni!

# La relatività ristretta

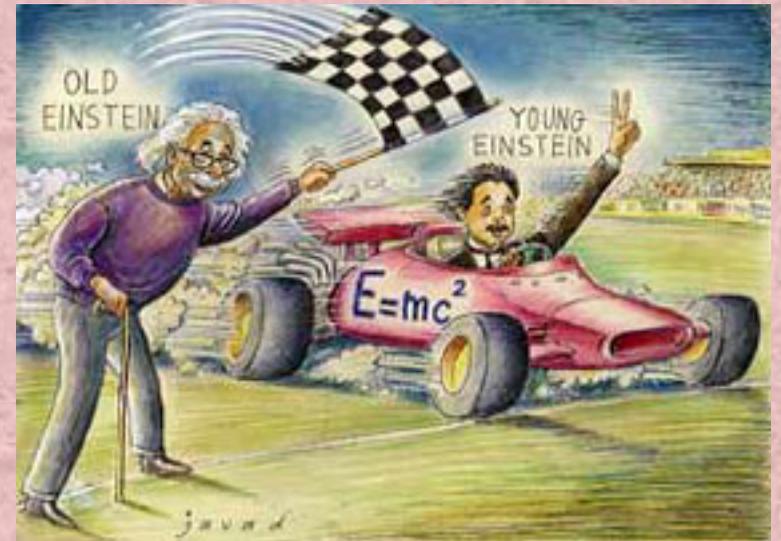
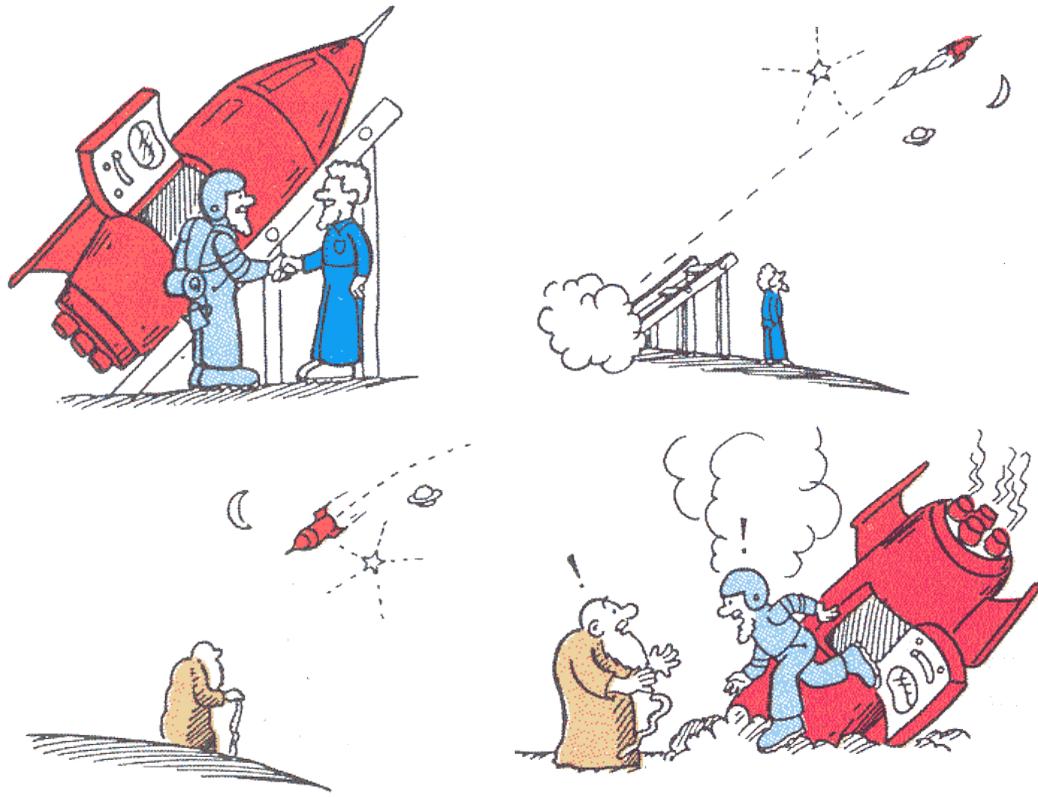


Albert Einstein (1879 – 1955)

$$\begin{cases} u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{vu_x}{c^2}} \\ u'_y = \frac{u_y}{\gamma(1 - \frac{vu_x}{c^2})} \\ u'_z = \frac{u_z}{\gamma(1 - \frac{vu_x}{c^2})} \end{cases} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



con varie conseguenze "bizzarre"...



## E la forma degli oggetti in moto è relativa!

Gli oggetti si contraggono verso la direzione del moto.



Affermazione che non ha mancato di incuriosire artisti come Dalì...



Salvador Dalí (1904 – 1989)

- E però, a questo punto, la velocità della luce,  $c$ , assume un significato più profondo.
- Non più la velocità di un segnale di qualche tipo, ma un limite invalicabile (ed irraggiungibile per gli oggetti dotati di massa) che caratterizza la natura.



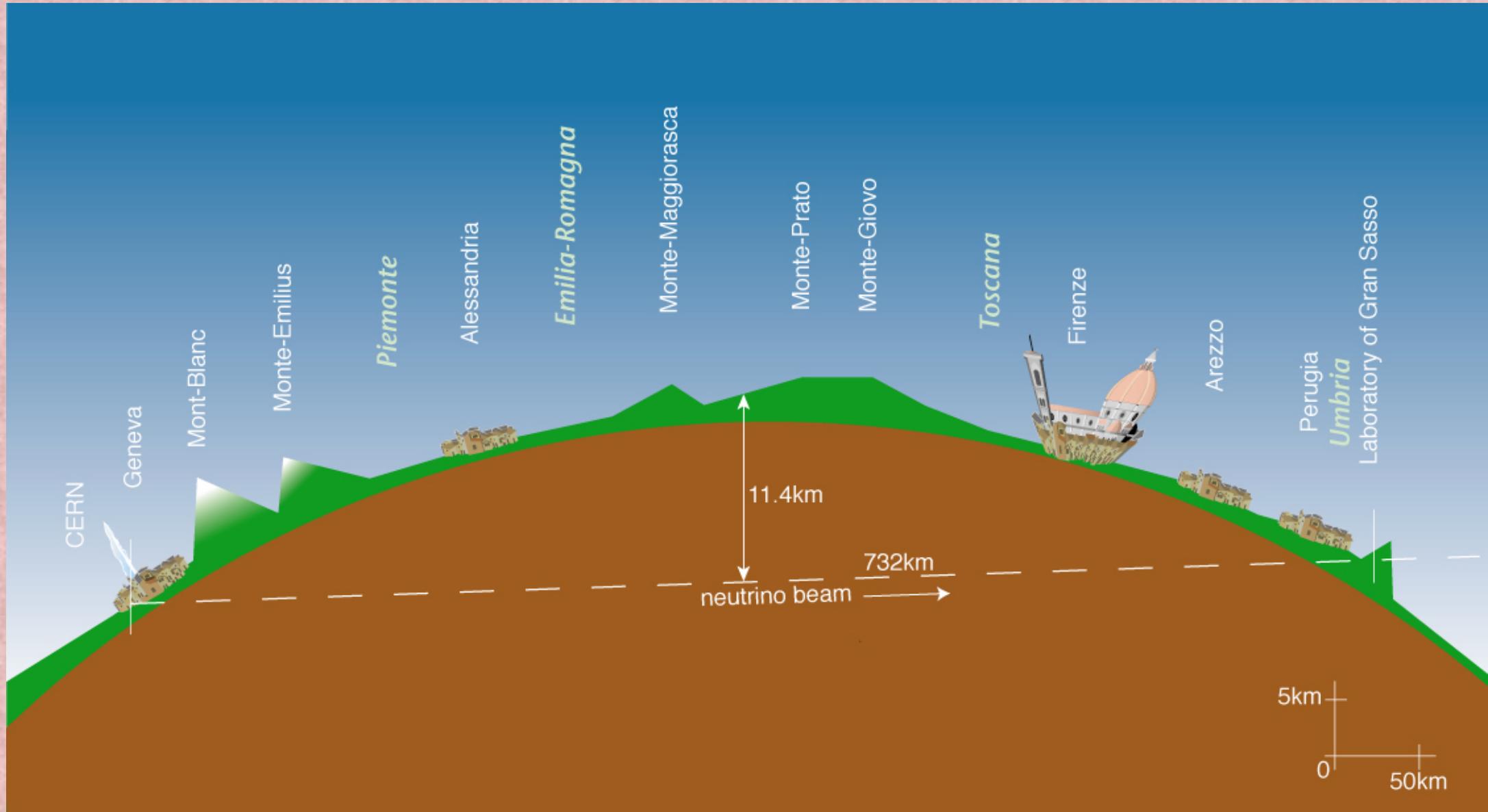
RIVOLUZIONE?

# OPERA

L'esperienza OPERA



# Differenza dalla velocità della luce di circa 1/40000...



Se vero (ma pare di no...) cosa succederebbe?

Questo è  
magari un po'  
prematureo...



# Se fosse vero quindi cosa succederebbe?

- Una possibilità è che in realtà i neutrini siano “tachioni”. Ovvero viaggino sempre a velocità maggiori della luce.
  - Qui ci sarebbero una marea di problemi concettuali:
    1. In generale, moti iper-luminali possono implicazione una modifica della relazione causa-effetto!
    2. Dovremmo capire cosa una massa immaginaria possa significare:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

# Se fosse vero quindi cosa succederebbe?

- Altra possibilità è che i neutrini viaggiano a velocità inferiori a quella della luce ma possono raggiungerla e superarla.
  1. Ancora c'è il problema della casualità.
  2. Ed abbiamo anche quello dell'energia:

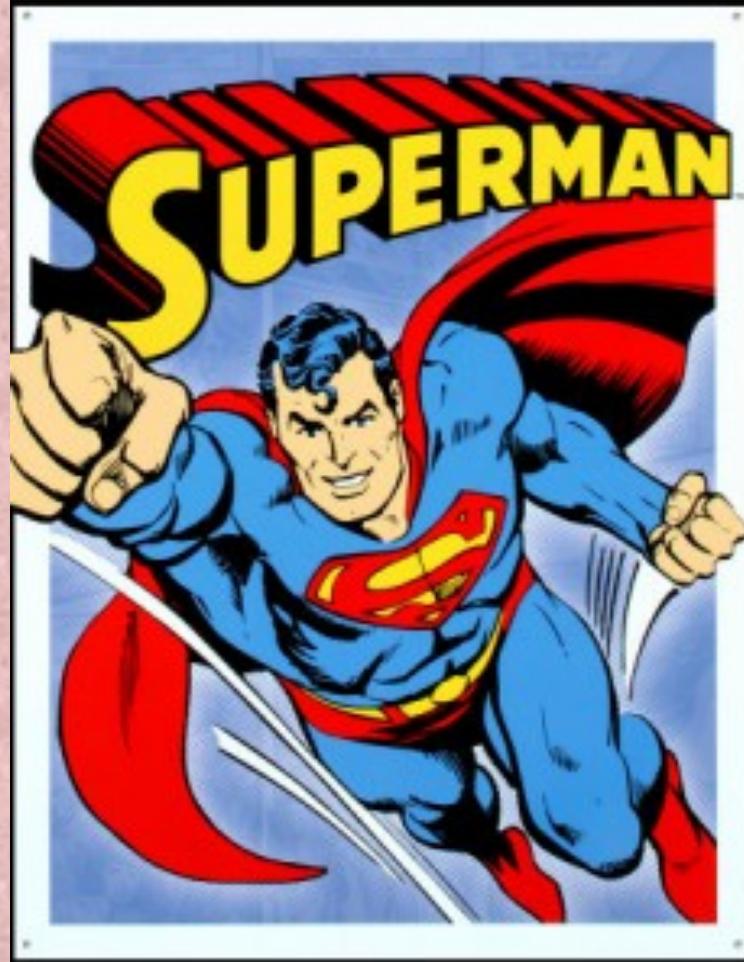
$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_{v \rightarrow c} = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{mc^2}{0} = \infty$$

**Il punto è che queste relazioni sono state verificate in migliaia di esperimenti!**

È il caso quindi di cambiare il motto?

Via! Più veloci  
dei neutrini!



probabilmente no...

UMORISMO...

