



# I VIAGGI NEL TEMPO

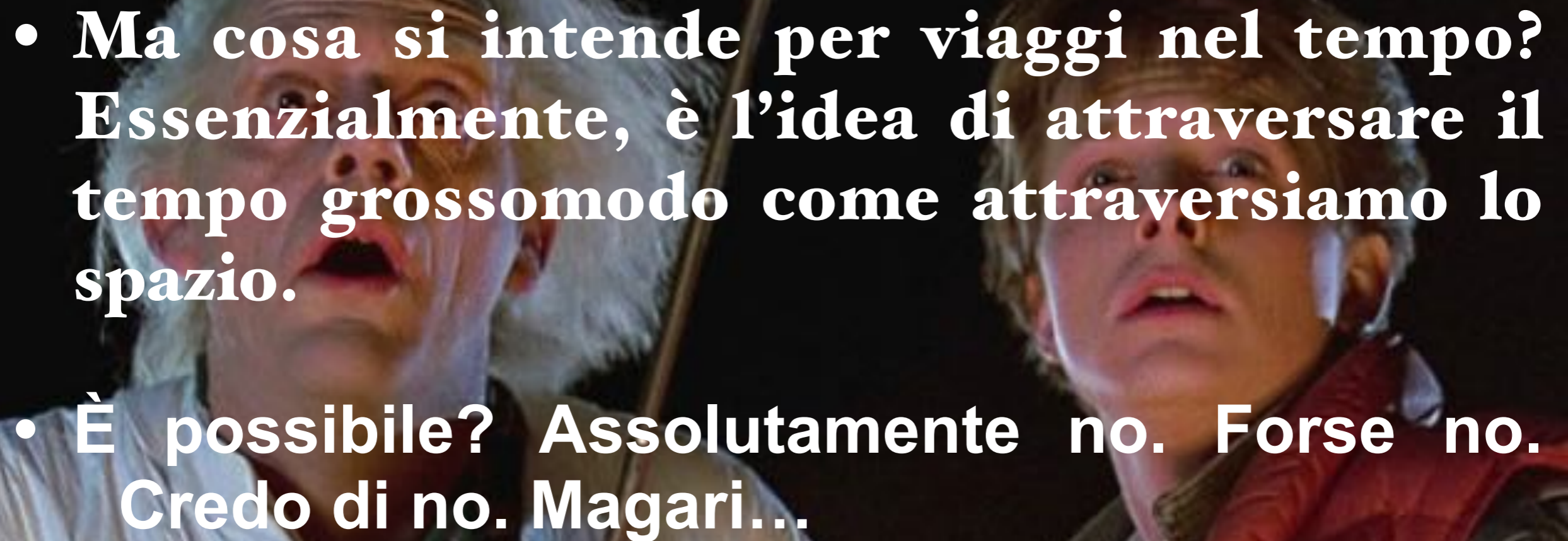
∞

## SCIENZA O FANTASIA?



Stefano Covino

*INAF / Osservatorio Astronomico di Brera*

- 
- **Ma cosa si intende per viaggi nel tempo? Essenzialmente, è l'idea di attraversare il tempo grossomodo come attraversiamo lo spazio.**
  - **È possibile? Assolutamente no. Forse no. Credo di no. Magari...**



La macchina del tempo (1960)

# Il concetto di tempo

A dirlo è facile... a spiegarlo meno:

“io so cosa è il tempo, ma quando me lo chiedono non so spiegarlo”

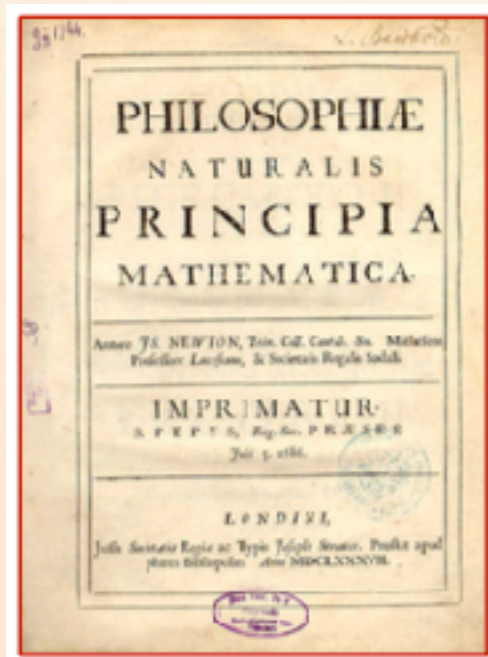
(Sant'Agostino, Le Confessioni)

“L'intuizione e la rappresentazione della modalità secondo la quale i singoli eventi si susseguono e sono in rapporto l'uno con l'altro (per cui essi avvengono prima, dopo, o durante altri eventi)”

Enciclopedia Treccani

# Il tempo e lo spazio assoluti della meccanica newtoniana

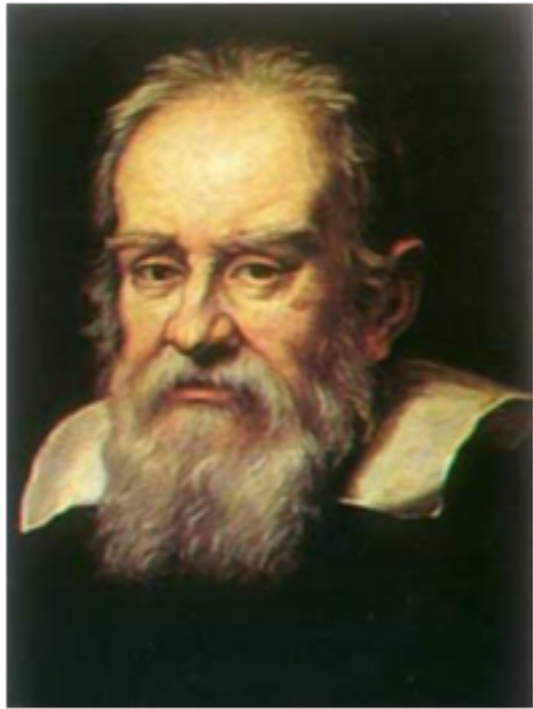
Isaac Newton  
1642-1727



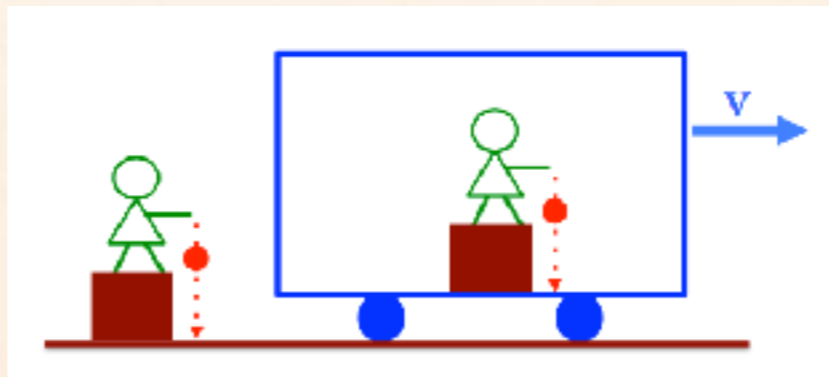
- Le leggi della meccanica richiedono una definizione di spazio e tempo.
- “Il tempo assoluto, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente, e con altro nome è chiamato durata.”
- Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione ad alcunché d'esterno, rimane sempre uguale e immobile.

# La relatività galileiana

- I fenomeni meccanici si svolgono in modo identico nei due sistemi di riferimento se in moto relativo uniforme.
- Lo spazio assoluto non è osservabile da alcun esperimento. Due diversi sistemi di riferimento inerziali possono entrambi legittimamente considerarsi in quiete rispetto allo spazio assoluto che, in effetti, non ha motivo di esistere.



Galileo Galilei  
1564-1642



James C. Maxwell  
1831-1879



# L'elettromagnetismo

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \nabla^2 \vec{E} = 0 \quad , \quad \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} - \nabla^2 \vec{B} = 0$$

Equazioni delle onde

- L'equazione delle onde indica una velocità, che per la luce è circa 300000 km/s. Ma non specifica rispetto a quale sistema di riferimento!
- Due possibilità: 1) la velocità della luce era tale in un sistema di riferimento privilegiato (l'etere), o 2) la velocità era la stessa in tutti i sistemi di riferimento.
- Il famoso esperimento di Michelson & Morley mostrò che questo ultimo era il caso corretto.

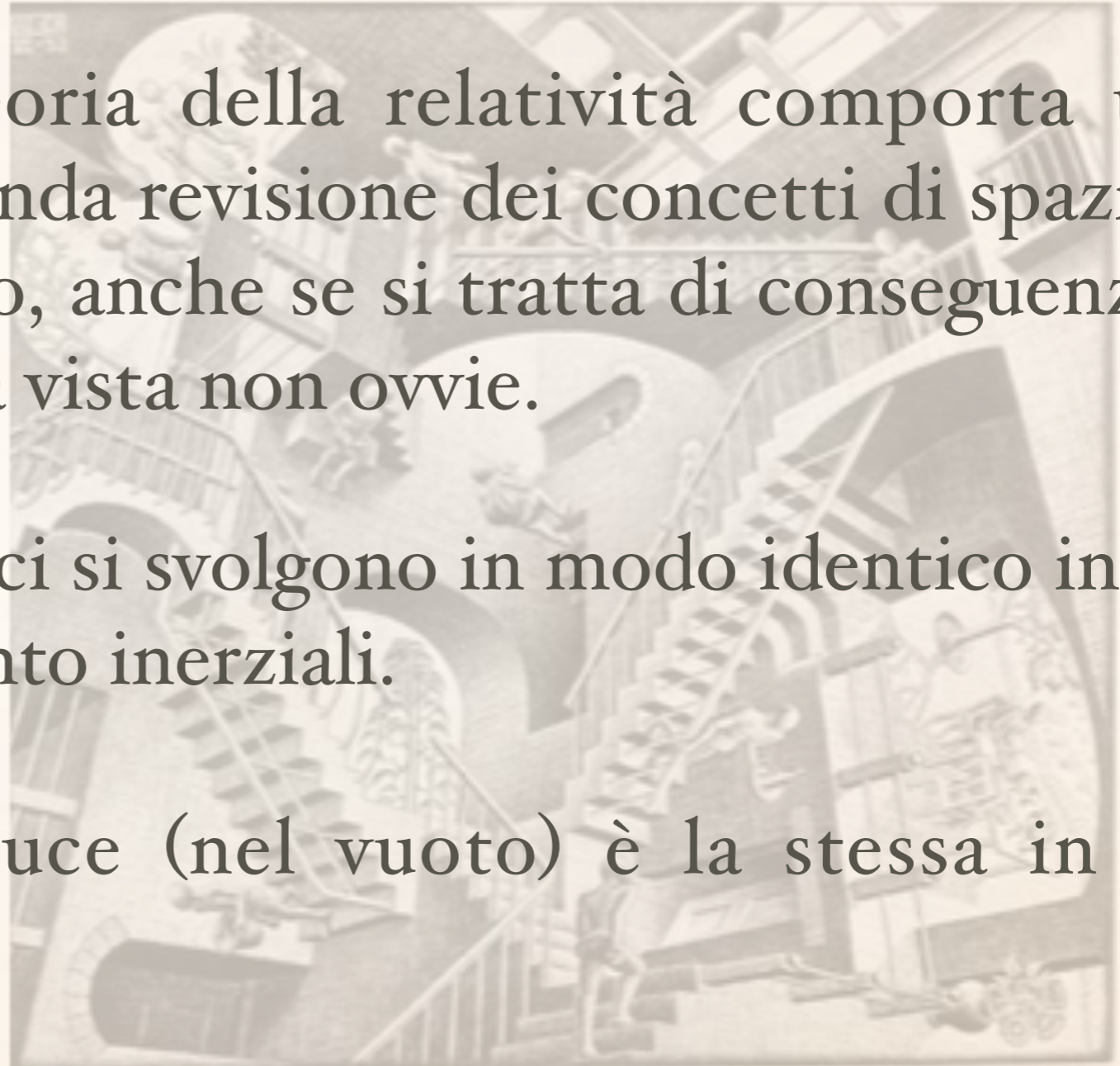
# La teoria della relatività

Albert Einstein  
1879-1955



La teoria della relatività comporta una profonda revisione dei concetti di spazio e tempo, anche se si tratta di conseguenze a prima vista non ovvie.

- Tutti i fenomeni fisici si svolgono in modo identico in tutti i sistemi di riferimento inerziali.
- La velocità della luce (nel vuoto) è la stessa in ogni riferimento.

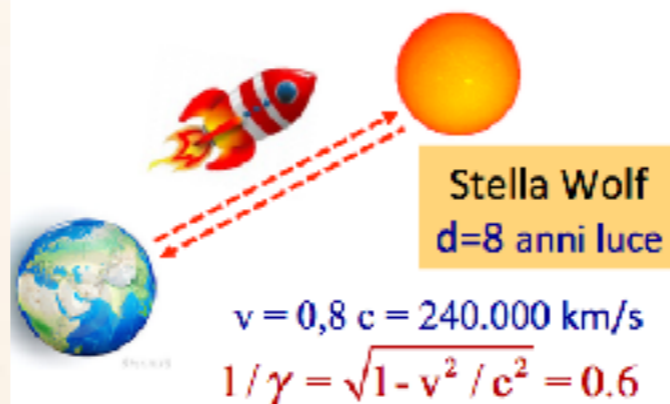




- La simultaneità di due eventi perde il significato assoluto. Diventa cioè un concetto che dipende dall'osservatore.
- Lo scorrere del tempo diventa anch'esso un concetto relativo. Qualunque orologio in movimento appare più lento ad un osservatore in quiete.

Fenomeno verificato in una moltitudine di esperimenti!

### Il "paradosso" dei gemelli



- Sull'**astronave**, il tempo scorre al **60%** del tempo della Terra, quindi all'arrivo, secondo il calendario dell' astronave sono trascorsi **12 anni**.

- Nel **sistema di riferimento della Terra**, l'astronave percorre 8 anni luce in **10 anni** nel viaggio di andata, e ne impiega altrettanti nel viaggio di ritorno. Essa ritorna quindi sulla Terra nell' **dopo 20 anni**.



- Il fratello rimasto sulla Terra è perciò, dopo il viaggio, di **8 anni più vecchio** del suo gemello.

# I viaggi nel tempo

- Il fenomeno della dilatazione dei tempi, come illustrato nell'esempio dei gemelli, rende possibile il

## VIAGGIO NEL FUTURO



- Contrariamente a quanto spesso creduto, le difficoltà sono “solo” di carattere tecnologico.
- Consideriamo il seguente **viaggio con accelerazione costante  $g$** :



- Dopo circa **6 anni** abbiamo percorso metà del tragitto e raggiunto una velocità  $v=0.999995 c$ . Sulla Terra sono trascorsi **300 anni**.

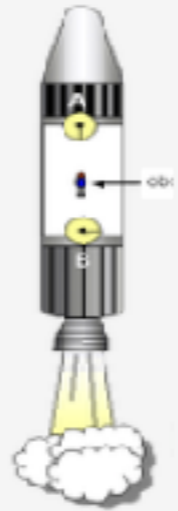
- Dopo altri **6 anni** ci fermiamo su Betelgeuse. Sulla Terra sono trascorsi **600 anni**.

- Il viaggio di ritorno è analogo. Quando rientriamo sulla Terra il viaggio è durato **24 anni** ma sulla Terra sono trascorsi **1200 anni !!**

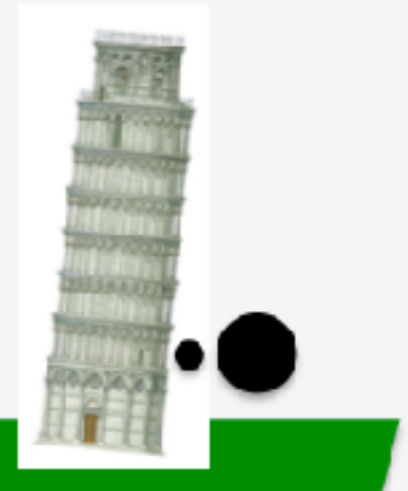
E viaggiare nel passato?

# Il principio di equivalenza

- In un sistema di riferimento accelerato tutti i corpi hanno la stessa accelerazione



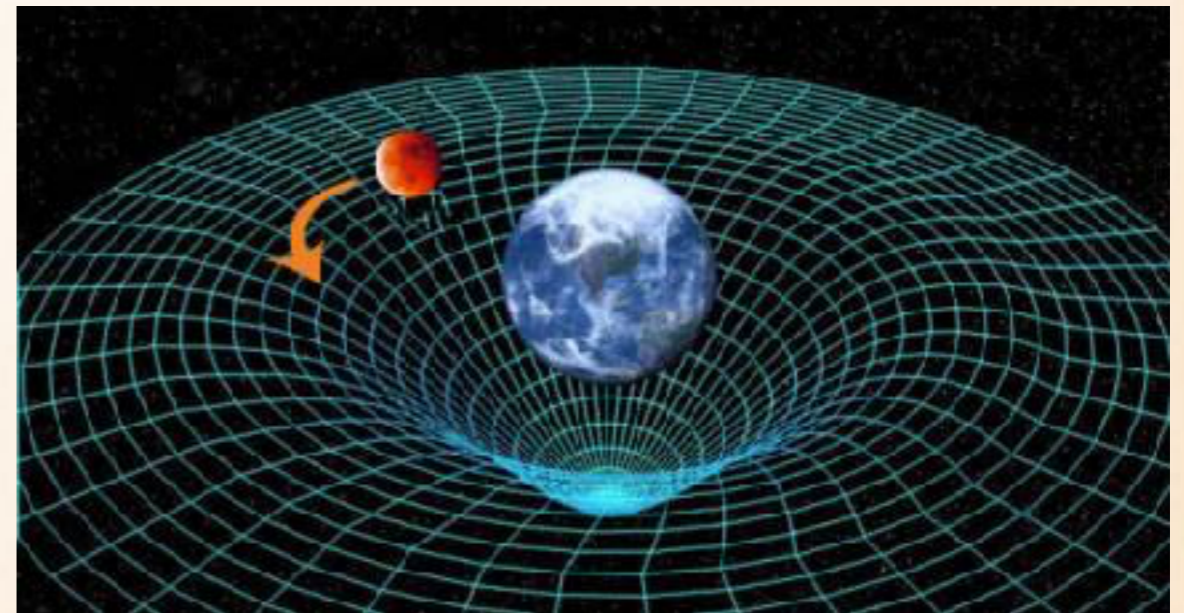
- Anche in un campo gravitazionale i corpi hanno tutti la stessa accelerazione indipendentemente dal loro peso



- Nessun esperimento può distinguere se ci si trova in una sistema di riferimento non inerziale oppure in un campo gravitazionale (teoria della relatività generale).
- In un sistema accelerato si osservano “analoghi” fenomeni di disaccoppiamento temporale che abbiamo visto per i sistemi in moto uniforme.
- Il tempo scorre quindi più lentamente dove il campo gravitazionale è più intenso.

## Per cui le cose si complicano...

- Ogni orologio segna il proprio tempo, a seconda del cammino che percorre. Non esiste una sola linea del tempo, la stessa per tutti, ma infinite linee.
- Una situazione descritta dalle “comuni” visualizzazioni dello spazio-tempo come una “tela” incurvata dalle masse.
- Le linee del tempo, e la geometria dello spazio sono curve in quanto lo scorrere del tempo e la geometria stessa sono influenzate dalla densità di materia/energia circostante.

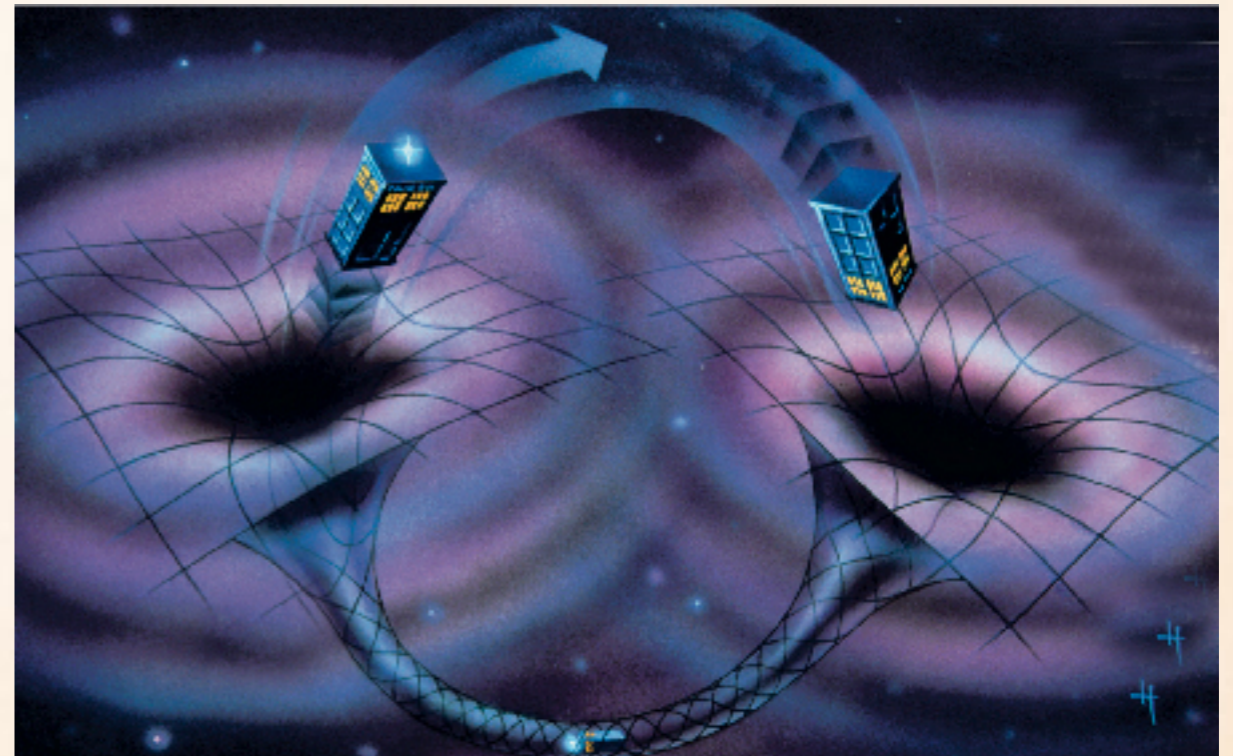
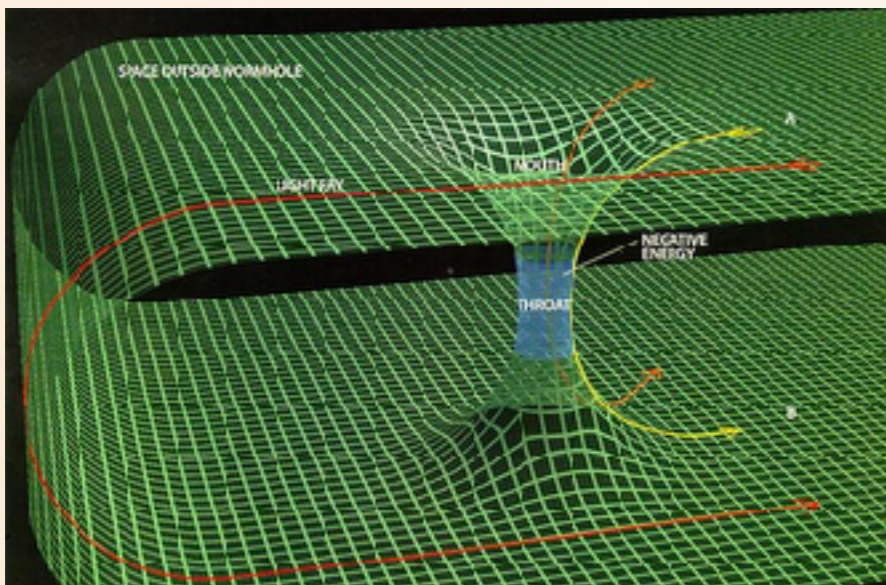


## Ma anche si fanno affascinanti...

- La teoria della relatività pone un limite teorico alle velocità rispetto allo spazio-tempo.
- Non pone però limiti teorici all'intensità del campo gravitazionale, e quindi alla deformazione dello spazio tempo.
- Nel 1949 Godel trovò soluzioni delle equazioni di Einstein che prevedono l'esistenza di curve temporali chiuse. Ovvero di viaggi nel tempo!
- Oggi sono note altre soluzioni della relatività generale, ad esempio i ben noti "wormholes", che connettono punti dello spazio-tempo a tempi diversi.

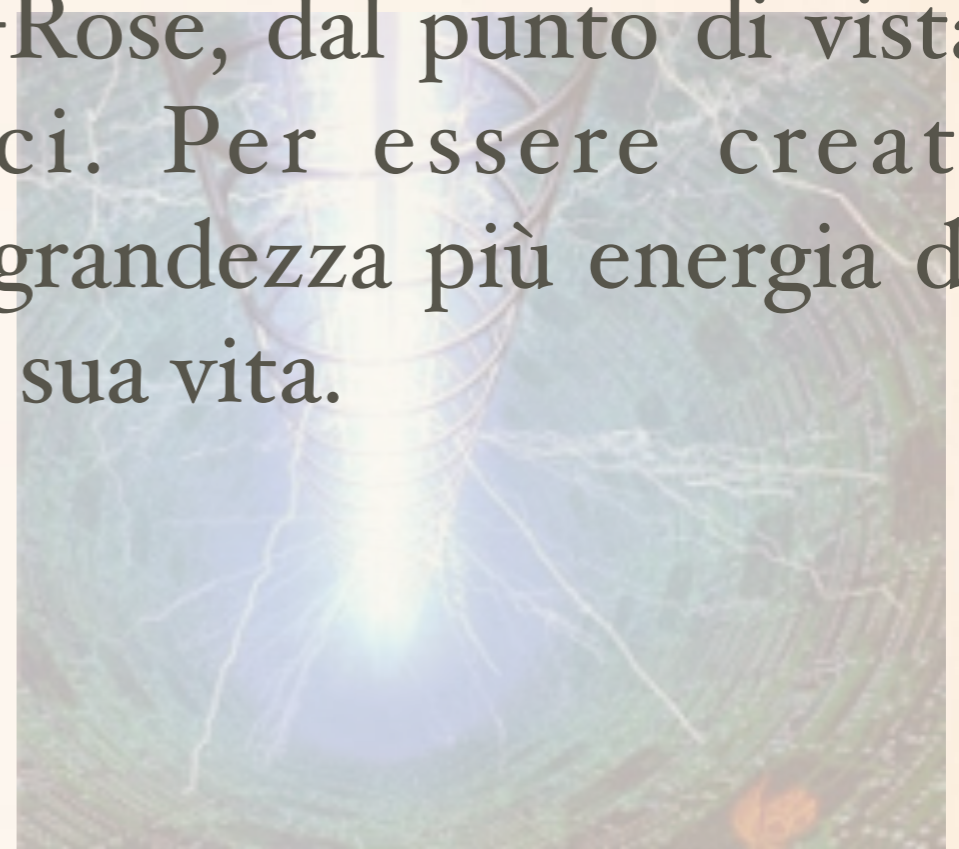
## Ma sono soluzioni “fisiche”?

- L'argomento è noto. La teoria della relatività è una teoria “classica”, non incorpora effetti quantistici che pure sappiamo però essere parte del mondo fisico.
- È più che una possibilità che queste soluzioni possano essere solo una curiosità matematica.
- Forse...



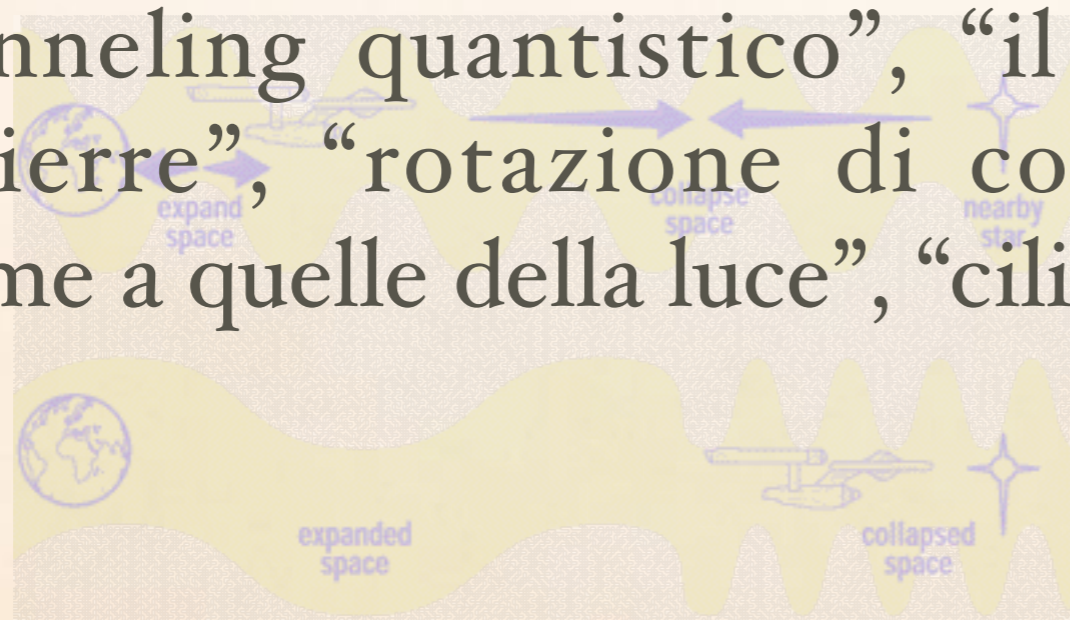
# I wormholes sono affascinanti, come idea, ma...

- I wormholes, o ponti di Einstein-Rose, dal punto di vista energetico sono problematici. Per essere creati richiederebbero diversi ordini di grandezza più energia di quella prodotta dal Sole in tutta la sua vita.



## Ci sono anche altre idee...

- Il “tunneling quantistico”, “il motore a curvatura di Alcubierre”, “rotazione di corpi massicci a velocità prossime a quelle della luce”, “cilindri di Typler”,



# Time Control Technologies and Methods

updated 23 Oct 2009

## Key Characteristics

Technologies and Methods	Time Control		Matter Transport	Tech. Viability	Possible without Exotic Materials	Relatively Low Input Power
	Future	Past				
Quantum Tunneling	●	○	○	●	●	●
Near-Lightspeed Travel	●	○	●	●	●	○
Alcubierre Warp Drive	●	○	●	●	●	●
Faster-than-Light Travel	●	●	●	○	○	○
Time-warped Fields	●	●	●	●	●	●
Circulating Light Beams	●	●	●	●	●	●
Wormholes	●	●	●	○	●	●
Cosmic Strings	●	●	●	○	●	●
Tipler Cylinder	○	●	●	●	○	●
Casimir Effect	○	●	●	●	●	●

Do NOT support subluminal speed transport to the past

Generate special spacetime geometries permitting subluminal speed travel to the past

**Notes:** A solid circle indicates a key characteristic is supported by the indicated technology or method, an empty circle indicates it is not. Time Control indicates whether travel to future, past, or both are possible. Matter Transport is solid if both matter and information can be transported, empty if only information can be transported. Tech Viability is solid if the technology or method is viable with present state-of-the-art technology or within two generations. Possible Without Exotic Materials is solid if materials required are available today or within two generations. Relatively Low Input Power is solid if time control is achievable within power generation capabilities available today or within two generations.



# Ma se la fisica non dice completamente di “no”, la logica è in difficoltà...

- I viaggi nel tempo implicano una certa serie di possibili paradossi.
- Alcuni sono apparenti, altri da prendere molto sul serio.

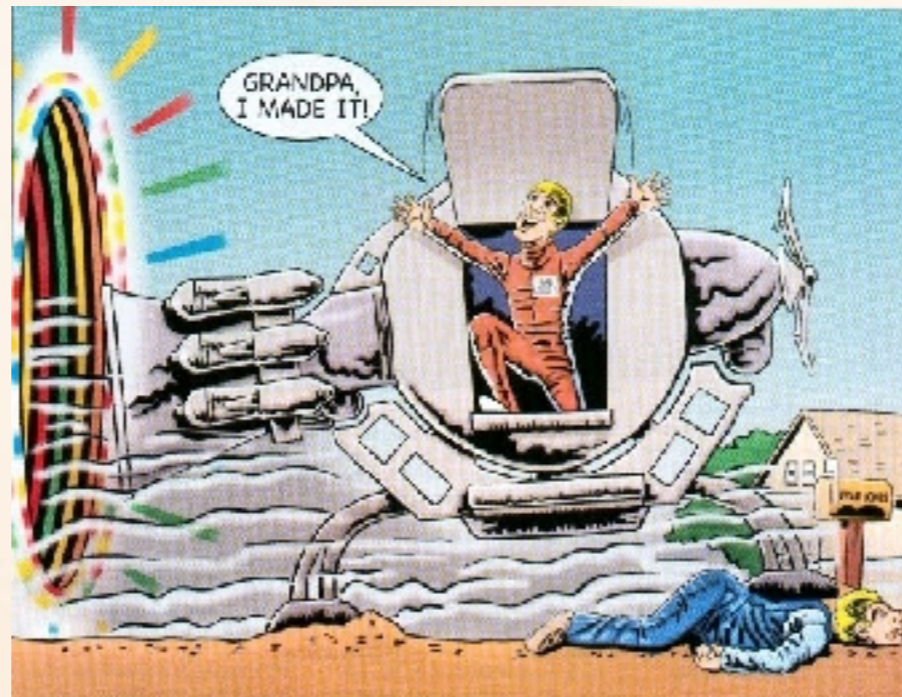




Ritorno al futuro (1984)

## Vediamone alcuni... il paradosso del “nonno”

- Potenzialmente uno potrebbe viaggiare indietro nel tempo ed uccidere il proprio nonno prima che la sua progenie venga concepita.
- Ma se non si crea una progenie costui non può essere tornato indietro nel tempo ad impedire la generazione.



**Simile, nel significato, è il paradosso della “predestinazione”...**

- Viaggiando nel tempo si possono causare degli eventi che in catena rendono possibile nel futuro il viaggio nel tempo.
- Si diventa causa ed effetto allo stesso tempo, in un circolo causale chiuso.

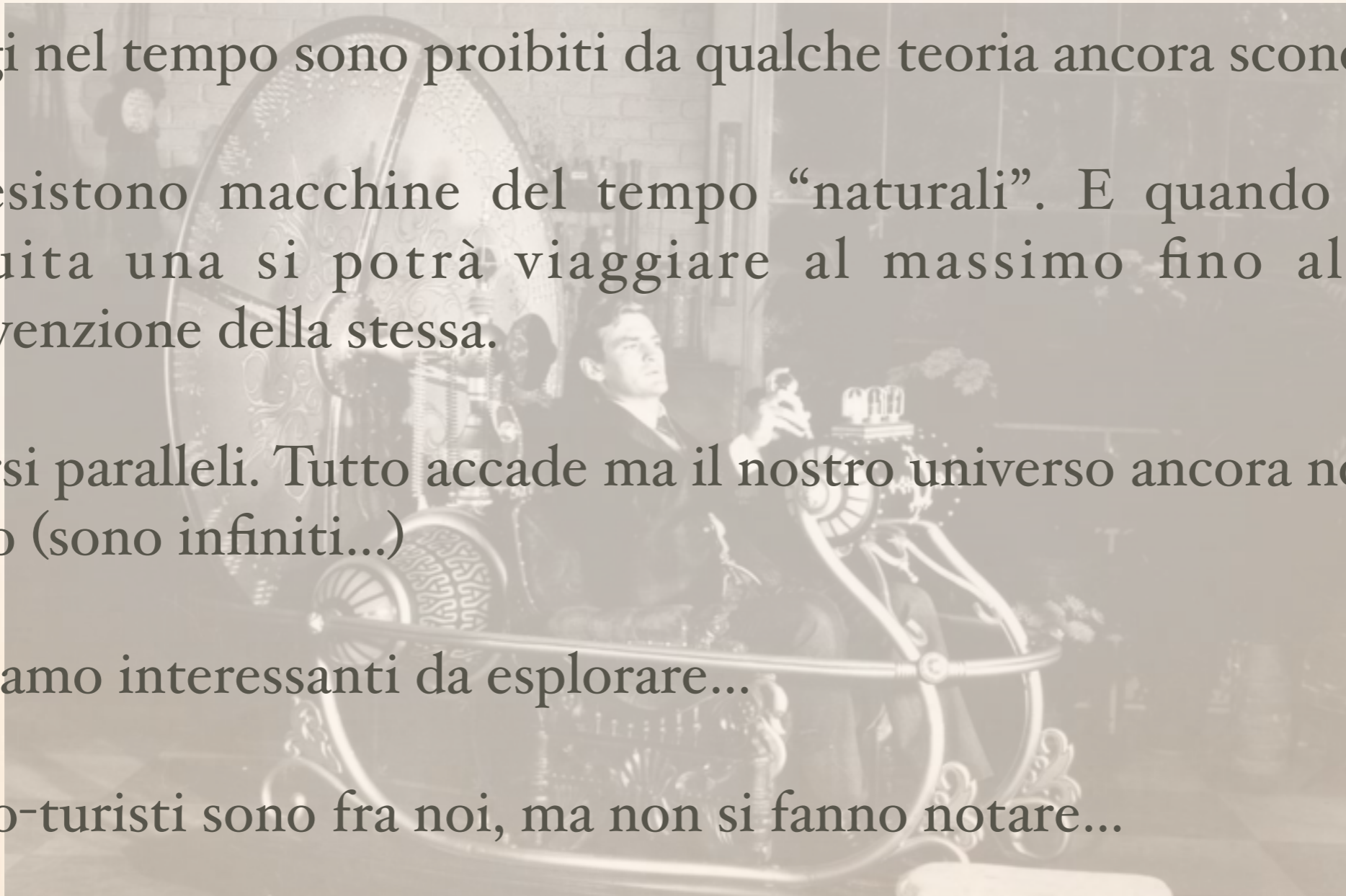


# **I paradossi possono essere però risolti. Con qualche ipotesi...**

- Ad esempio il principio di autoconsistenza di Novikov. Il passato, essenzialmente, è immutabile. Qualunque cambiamento non è possibile, o al massimo si può contribuire a far accadere gli eventi stessi come già li conosciamo.
- Altrimenti si può invocare un concetto legato a quello degli universi paralleli. Le modifiche di nostri atti conseguenti a viaggi nel tempo si propagano in uno degli infiniti universi paralleli. Anzi, ogni azione diventa il punto di propagazione di un numero infinito di possibili futuri, conseguenza a sua volta di un numero infinito di passati.

# Se i viaggi nel tempo sono possibili, dove sono i viaggiatori del futuro?

- I viaggi nel tempo sono proibiti da qualche teoria ancora sconosciuta.
- Non esistono macchine del tempo “naturali”. E quando ne verrà costruita una si potrà viaggiare al massimo fino all’istante dell’invenzione della stessa.
- Universi paralleli. Tutto accade ma il nostro universo ancora non è stato visitato (sono infiniti...)
- Non siamo interessanti da esplorare...
- I crono-turisti sono fra noi, ma non si fanno notare...



## Fonti:

- “Viaggio nel Tempo della Fisica”, Vittorio Lubicz
- “Anderson Institute”
- “Time Travel”, di Lucas O’Neil & Brendan Cassidy
- “Time Travel & Parallel Universes”, di K. Parker-Millea et al.
- “Viaggi nel tempo: scienza o fantascienza”, di J. Al-Khalili

