

COME COSTRUIRE 
UNA **MACCHINA DEL TEMPO**

COME COSTRUIRE ^{UNA}MACCHINA DEL TEMPO



1895 H.G. Wells - The time Machine

COME COSTRUIRE UNA MACCHINA DEL TEMPO



dal 1985 R. Zemeckis - Ritorno al Futuro

PROLOGO

Il concetto di
tempo sembra
banale ma
discutendone ci
si accorge che
così non è



Nel 1687 Newton nei suoi Principia [1] scriveva

I. Tempus absolutum verum & Mathematicum, in se & natura sua absq; relatione ad externum quodvis, æquabiliter fluit, alioq; nomine dicitur Duratio; relativum apparens & vulgare est sensibilis & externa quævis Durationis per motum mensura, (seu accurata seu inæquabilis) qua vulgus vice veri temporis utitur; ut Hora, Dies, Mensis, Annus.



per poco più di duecento anni a questa definizione di absolutezza si attennero gli scienziati.

Einstein nel 1905 "demolisce" lo spazio ed il tempo così come erano accettati con la Teoria della Relatività Ristretta [2]. Da questo momento possiamo iniziare a pensare (in senso fisico!!!) se sia davvero possibile viaggiare nel tempo.

Nel 1687 Newton nei suoi Principia [1] scriveva

"Il tempo assoluto, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente..."



per poco più di duecento anni a questa definizione di absolutezza si attennero gli scienziati.

Einstein nel 1905 "demolisce" lo spazio ed il tempo così come erano accettati con la Teoria della Relatività Ristretta [2]. Da questo momento possiamo iniziare a pensare (in senso fisico!!!) se sia davvero possibile viaggiare nel tempo.

IL VIAGGIO NEL FUTURO

... è la cosa più semplice ...

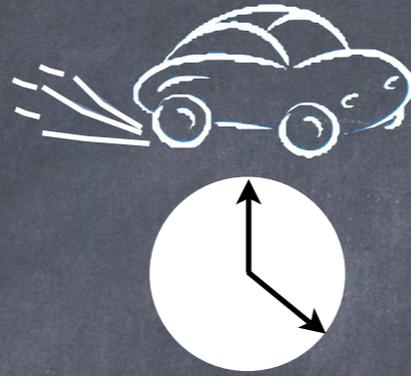
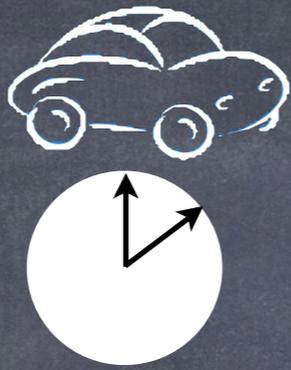
La formula per una macchina del tempo che permetta questo tipo di viaggio è nota da più di cento anni (1905), è un risultato dalla teoria della Relatività Ristretta.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Formula della dilatazione temporale (si ricava con la matematica del liceo!!). Da qui deriva che il tempo è elastico e quindi si può allungare

Il tempo scorre più lentamente per oggetti in moto rispetto ad altri fermi.

Un osservatore fermo rispetto ad un evento ne misura una certa durata Δt_0 con un cronometro.



Un osservatore in moto rispetto allo stesso evento ne misura una durata maggiore Δt .



Nel 1971 fu eseguito un esperimento con due orologi atomici uguali, uno su un aereo ed uno a terra. L'aereo viaggiò ad una certa velocità e, tornato a terra, il confronto degli orologi mostrò che quello che aveva viaggiato era in ritardo di 59 ns rispetto a quello rimasto a terra. In termini di "viaggio nel tempo" l'orologio (e chi lo porta!) scende dall'aereo e fa un salto in avanti nel tempo di 59 ns!!

Ma 59 ns sono pochi ... Quindi, per avere effetti considerevoli, servono velocità molto più grandi!!

viaggiando al 99% della velocità della luce (cioè a 297000 km/s!!)
il tempo è 7 volte più lento: un minuto equivale a 8,5 secondi.

... La teoria fa sorgere anche un piccolo problema ...

$$E = m c^2$$

Ma 59 ns sono pochi ... Quindi, per avere effetti considerevoli, servono velocità molto più grandi!!

viaggiando al 99% della velocità della luce (cioè a 297000 km/s!!) il tempo è 7 volte più lento: un minuto equivale a 8,5 secondi.

... La teoria fa sorgere anche un piccolo problema ...

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Per portare un oggetto con massa diversa da zero alla velocità della luce occorre un'energia infinita.

Paradosso dei gemelli

Sara sale su un'astronave nel 2014 e viaggia al 99% della velocità della luce verso una stella distante 10 anni luce (la distanza percorsa dalla luce in un anno).

Sergio rimane a casa.

Sara arriva alla stella, inverte la rotta e torna a casa alla stessa velocità.

Per Sergio il viaggio di Sara dura poco più di 20 anni. Per Sara il tempo scorre in modo diverso e per lei il viaggio dura solo 3 anni!!



Sulla Terra sarà il 2034 e Sergio avrà 17 anni in più di sua sorella!! Quindi Sara ha fatto un viaggio di 17 anni nel futuro di Sergio (e di tutto il pianeta Terra!!).

Altra strada: la gravità.

Con la così detta "Teoria della Relatività Generale" [3],
1916 Einstein trova un altro modo di viaggiare nel tempo.

La maggior attrazione gravitazionale
rallenta il tempo, ovvero il tempo
trascorre più rapidamente nello
spazio, lontano da grandi masse.

Sei mesi a bordo della stazione spaziale internazionale
portano ad un guadagno di un paio di millisecondi.

Chi vive al secondo piano ha una vita che trascorre in
modo più veloce rispetto al vicino del piano di sotto,
l'orologio corre più velocemente. Su una vita di 80 anni
vivere al "piano di sotto" vi farebbe guadagnare meno di
un milionesimo di secondo!

... operativamente ...

Stabilirsi nelle vicinanze di una stella di neutroni o di un buco nero permette di viaggiare nel tempo, una volta tornati a casa.

Sette anni vicino ad una stella di neutroni corrispondono a dieci passati sulla Terra. Una volta tornato indietro avrei fatto un viaggio nel futuro della Terra di tre anni!!

Gli eventi che ci circonderebbero durante la nostra vacanza sarebbero normali, mentre quelli che potremmo osservare con un potente telescopio sulla Terra ci apparirebbero accelerati.

Ok, ora siamo nel futuro ... e se volessimo tornare indietro?

IL VIAGGIO NEL PASSATO

... quí la cosa sí fa piú seria ...

IL VIAGGIO NEL PASSATO

... qui la cosa si fa più seria ...

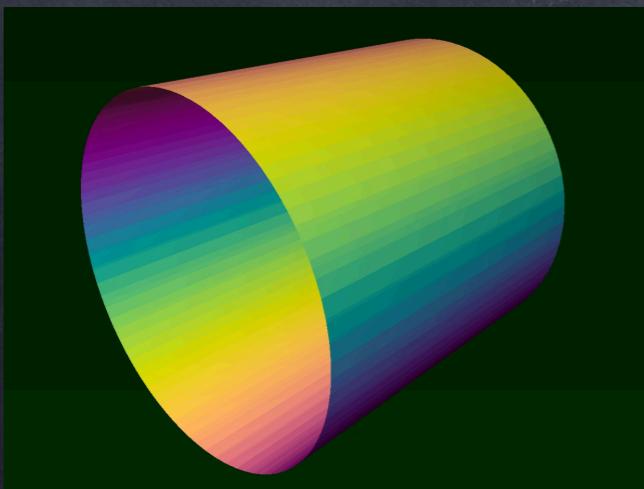
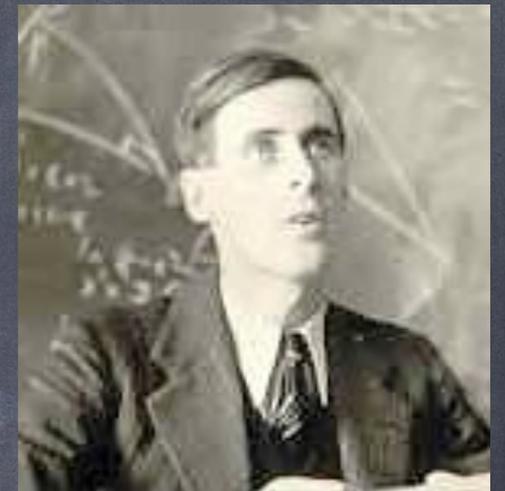
La prima soluzione fornita dalla Relatività Generale che comportasse una "curva chiusa temporale", ovvero il ritornare nel punto di partenza prima della partenza stessa, fu trovata nel 1937 da Willem Jacob van Stockum [4].



IL VIAGGIO NEL PASSATO

... qui la cosa si fa più seria ...

La prima soluzione fornita dalla Relatività Generale che comportasse una "curva chiusa temporale", ovvero il ritornare nel punto di partenza prima della partenza stessa, fu trovata nel 1937 da Willem Jacob van Stockum [4].



Occorreva, però, un cilindro rotante di grande massa ...

... dopo poco più di 10 anni, nel 1949 ...

... il grande logico-matematico Kurt Gödel, collega di Einstein stesso a Princeton all'epoca, trova un'altra soluzione dalla Relatività Generale [5] che comporta orbite a spirale nello spazio che "risalgono" nel passato!!



... dopo poco più di 10 anni, nel 1949 ...

... il grande logico-matematico Kurt Gödel, collega di Einstein stesso a Princeton all'epoca, trova un'altra soluzione dalla Relatività Generale [5] che comporta orbite a spirale nello spazio che "risalgono" nel passato!!



Occorre che
l'universo ruoti
su se stesso ...

... dopo poco più di 10 anni, nel 1949 ...

... il grande logico-matematico Kurt Gödel, collega di Einstein stesso a Princeton all'epoca, trova un'altra soluzione dalla Relatività Generale [5] che comporta orbite a spirale nello spazio che "risalgono" nel passato!!

Il modello di Gödel è una semplice curiosità matematica, in quanto sperimentalmente è noto che l'universo non ruota.

Questa soluzione della Relatività Generale imbarazzò Einstein.



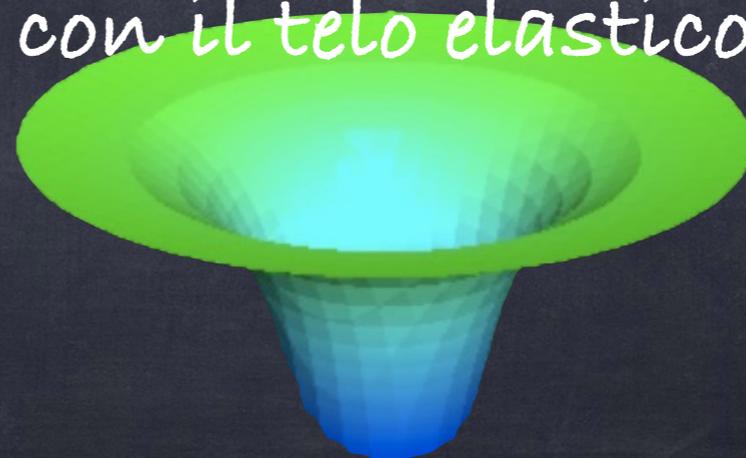
Occorre che
l'universo ruoti
su se stesso ...

Ma la rotazione ci fa
tornare indietro nel tempo?

Ma la rotazione ci fa
tornare indietro nel tempo?

Premessa 1: il non poter superare la velocità della luce impedisce la perdita della causalità, cioè l'ordinamento temporale non viene messo in discussione. "Più veloce della luce" significherebbe "viaggio nel passato". La violazione della velocità della luce NON è possibile, quindi occorrono strade alternative che portino allo stesso risultato senza che questo pilastro della Relatività Ristretta venga violato.

Premessa 2: per la Relatività Generale anche lo spazio viene "deformato" dalla presenza di una massa; in due dimensioni spesso si raffigura con il telo elastico.



Se una massa ruota su se stessa tende a "trascinare" lo spazio come un vortice e se riusciamo a seguire ben precise traiettorie nello spazio potremmo riuscire a "risalire" all'indietro nel tempo!!



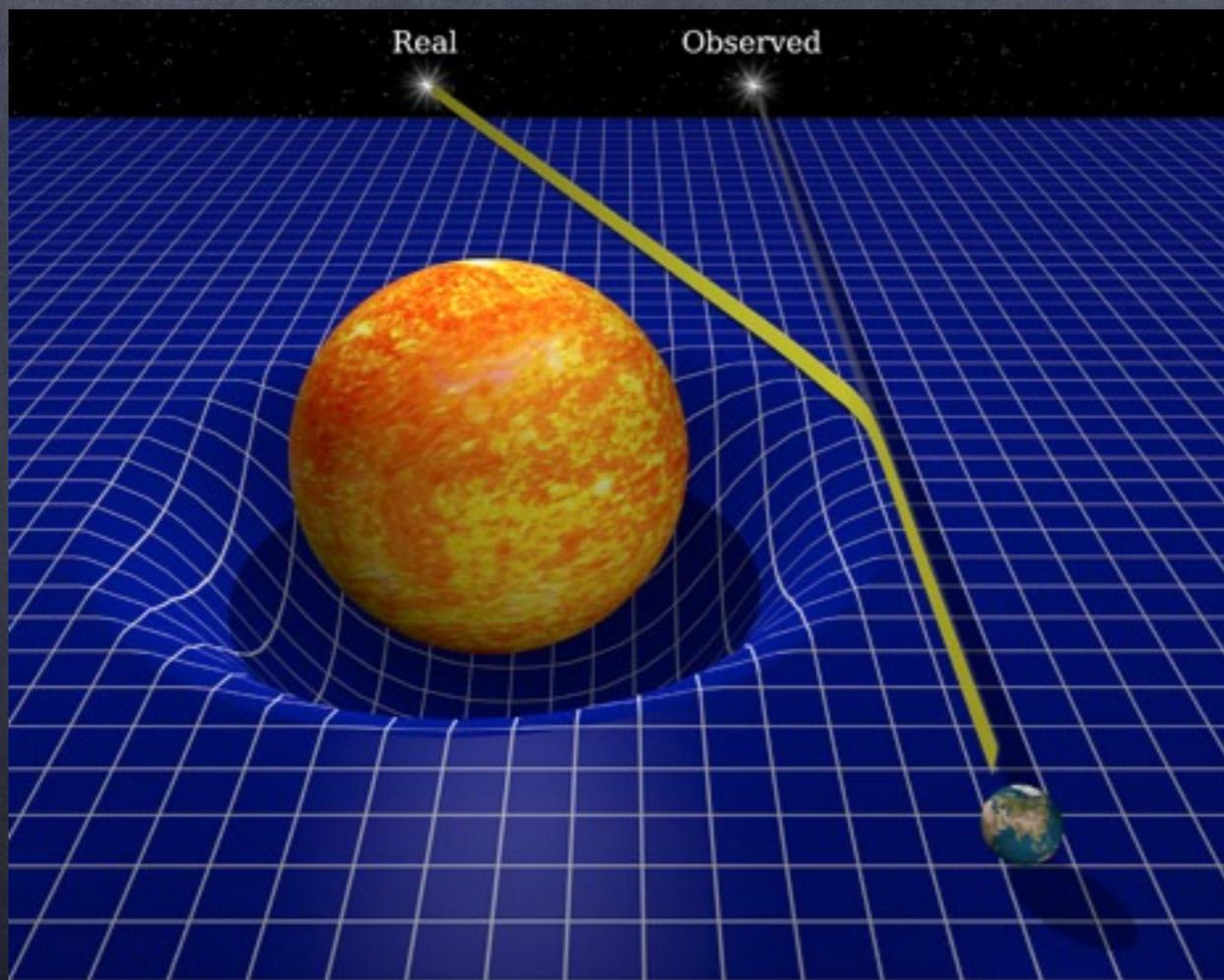
... quindi altre due possibilità sono:

- stelle di neutroni in rapida rotazione
- buchi neri rotanti

L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

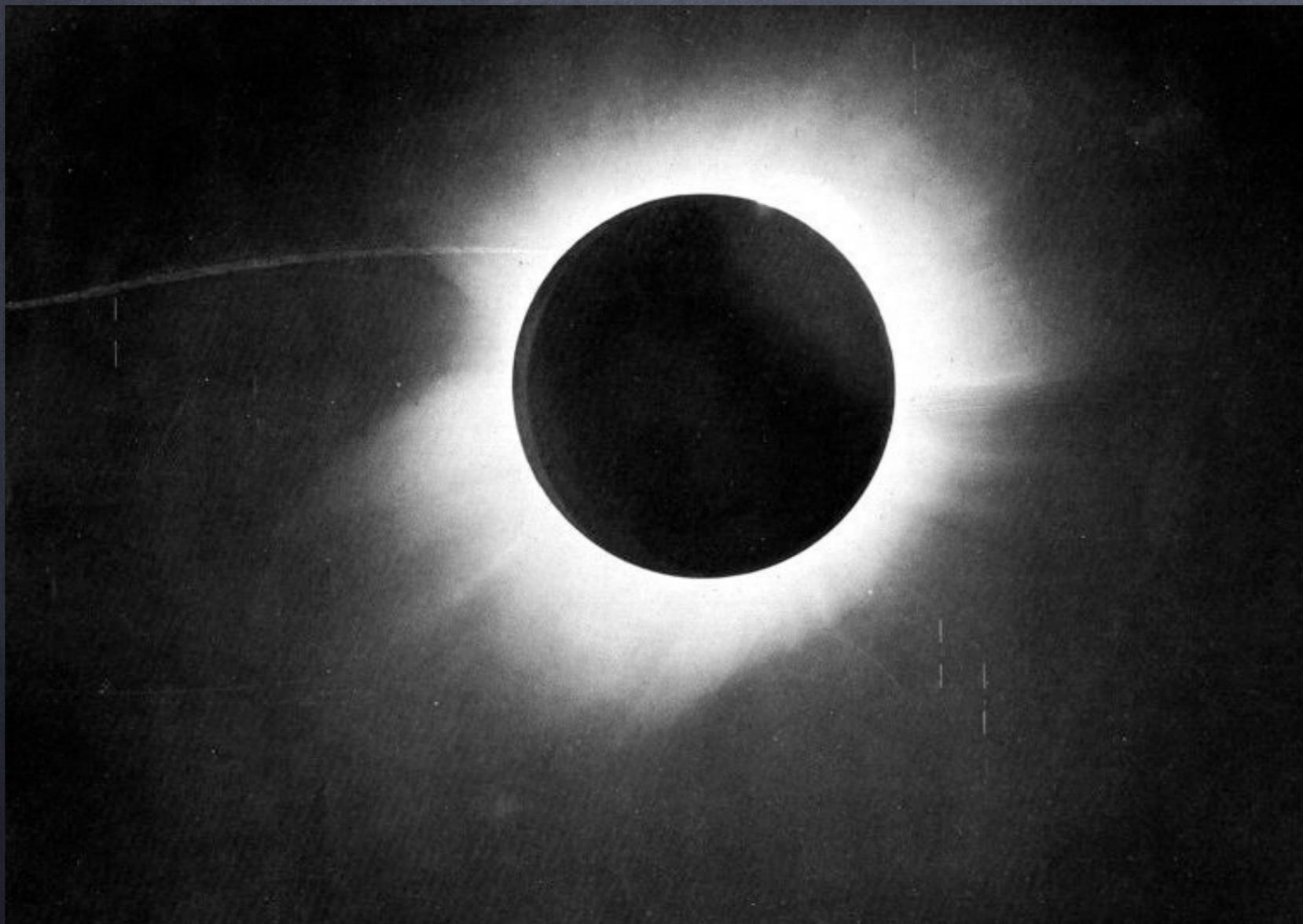
Alcuni esempi



L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

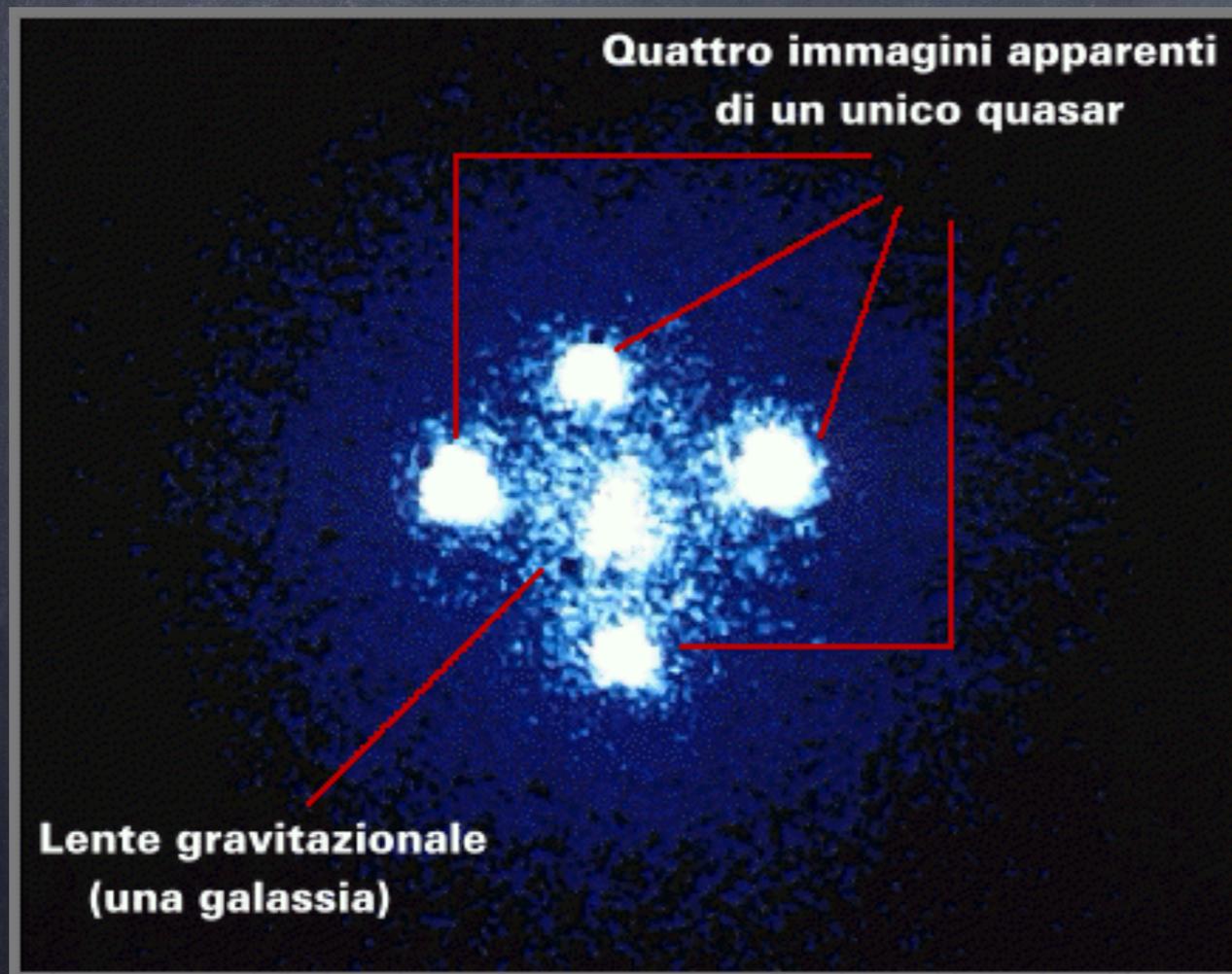
Alcuni esempi



L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

Alcuni esempi



L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

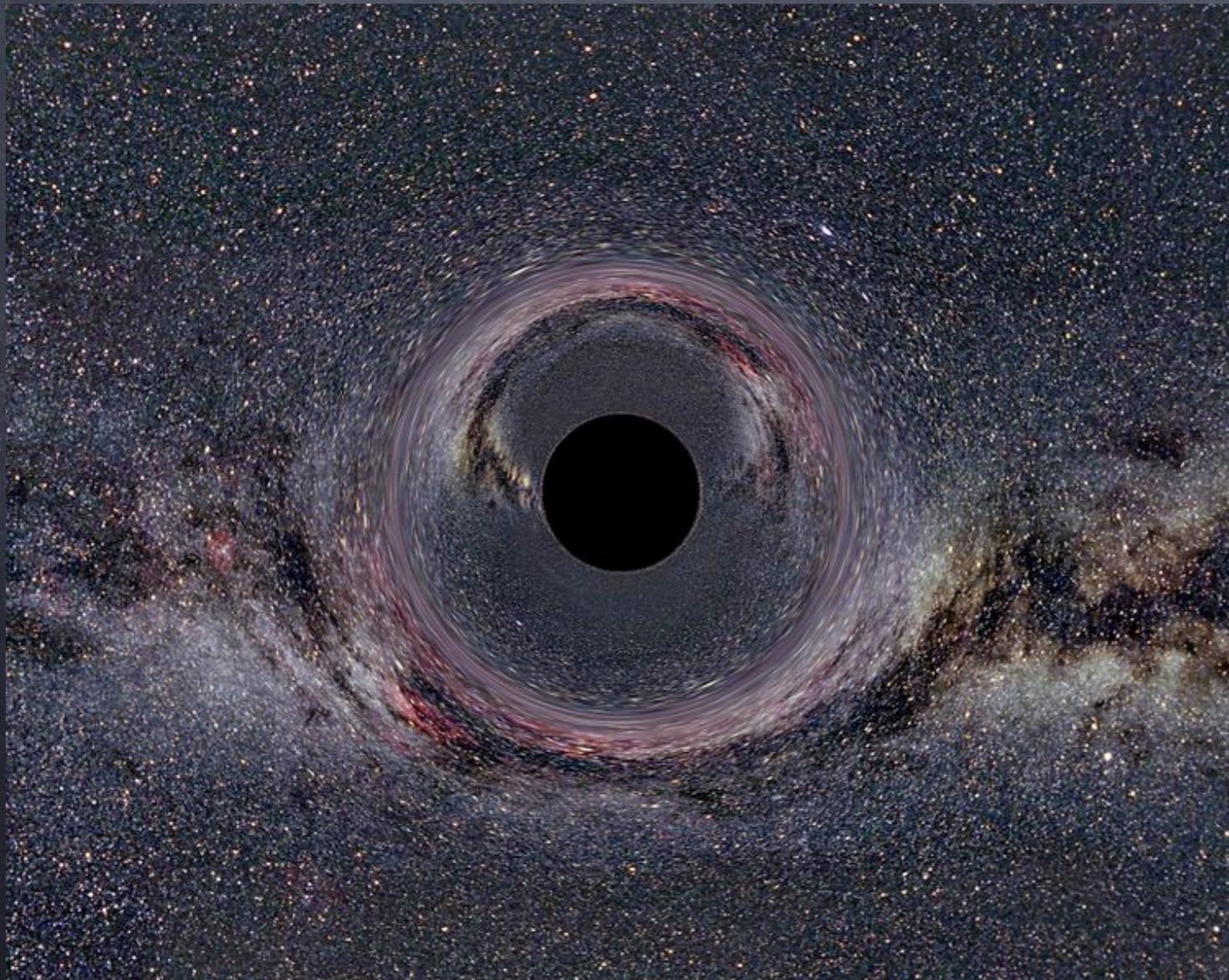
Alcuni esempi



L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

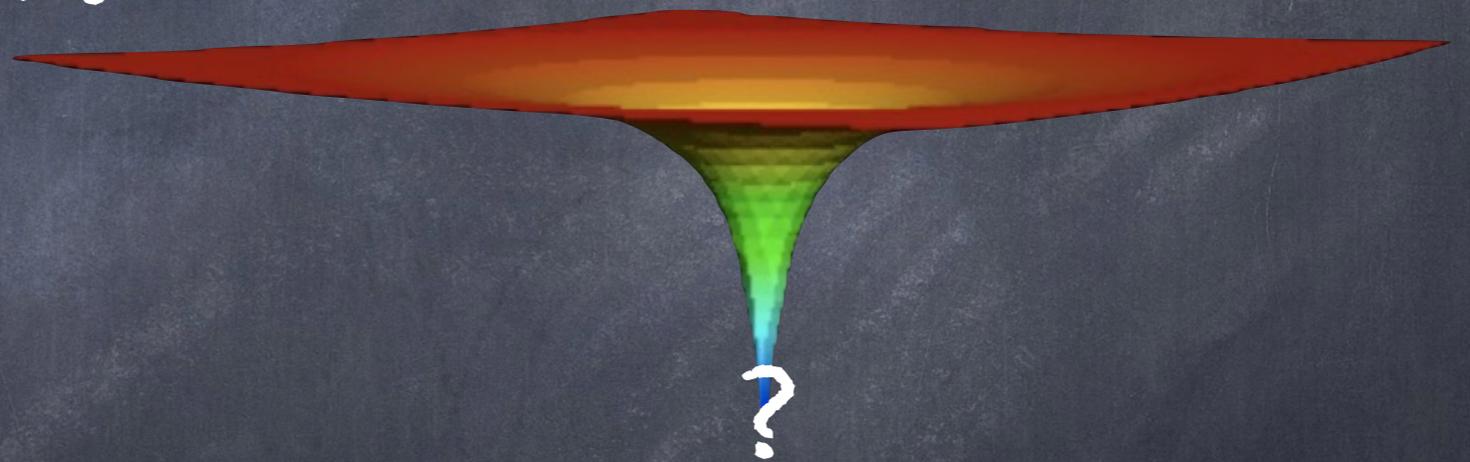
Alcuni esempi



L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

Se al posto di una stella "classica" vi fosse un buco nero il nostro telo elastico si deformerebbe in una voragine senza (??) fine

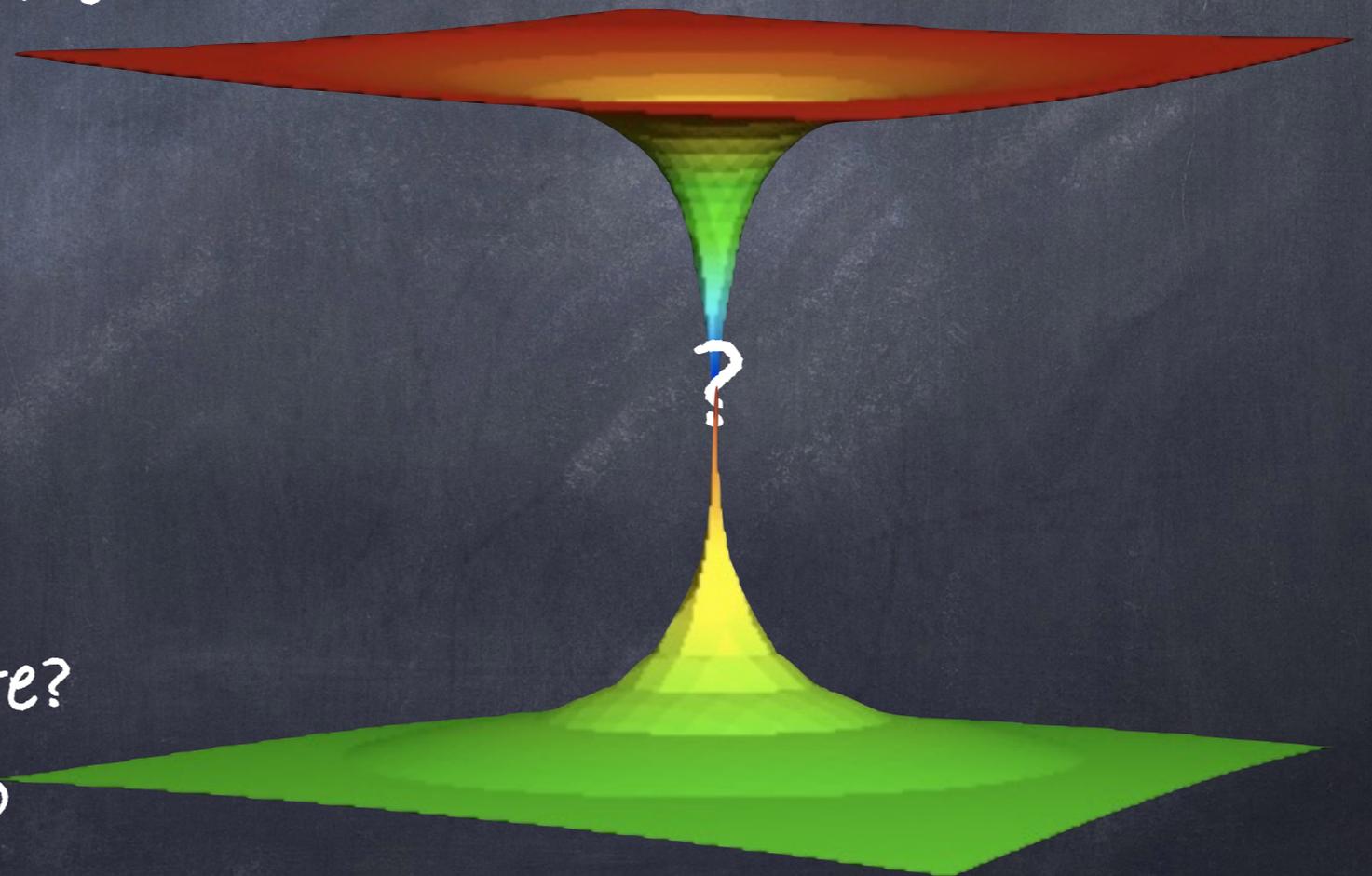


L'idea più promettente ...

La gravità agisce sullo spazio oltre che sul tempo, ma con più ampie possibilità. In particolare lo spazio si può incurvare.

Se al posto di una stella "classica" vi fosse un buco nero il nostro telo elastico si deformerebbe in una voragine senza (??) fine

Ma quale
significato dare
alla parte inferiore?
Un altro universo

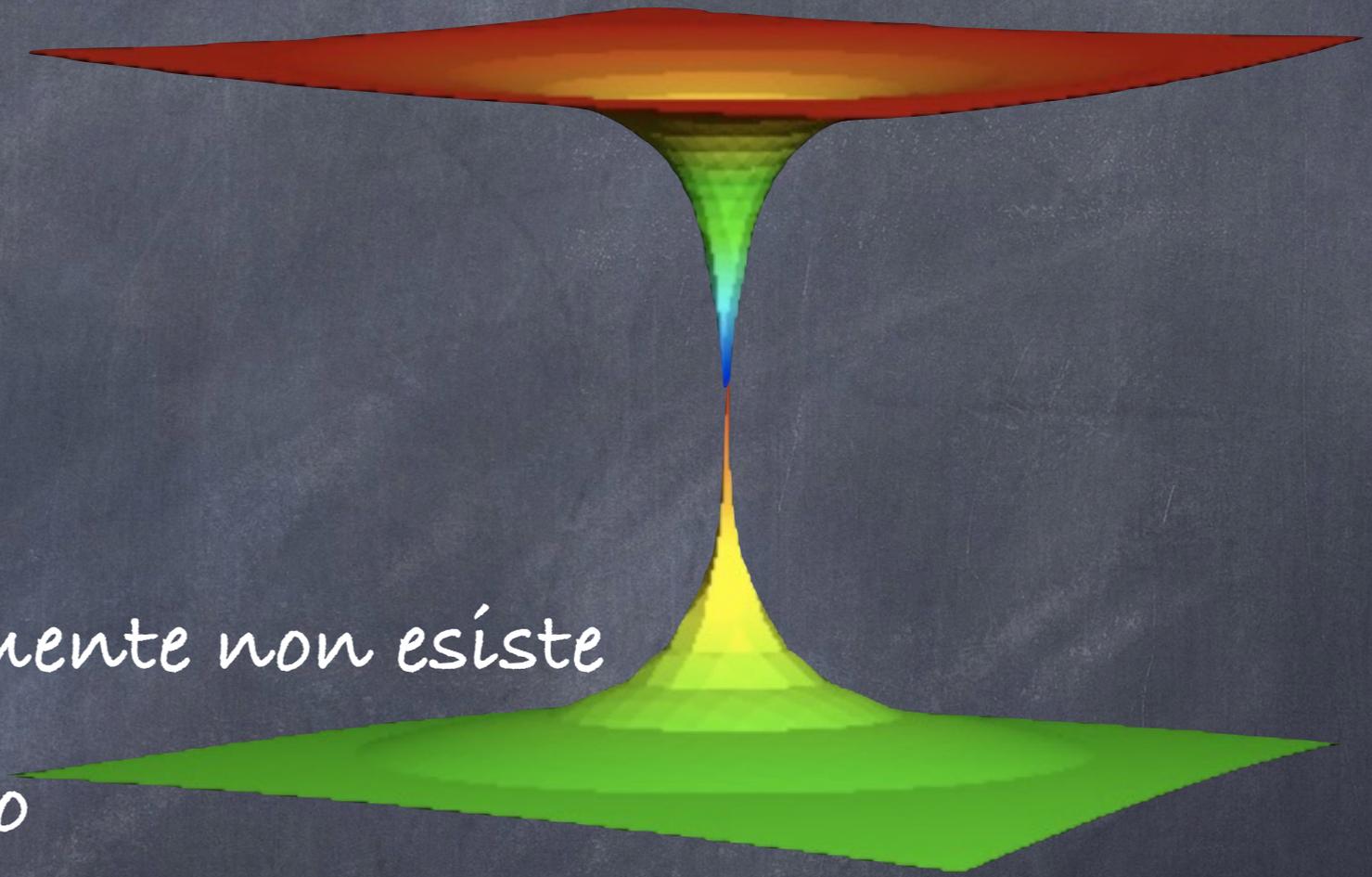


problema:

è il prodotto di un modello matematico idealizzato

Il **cunicolo** può avere un senso se, per qualche motivo, esistesse di per sé, ma in tal caso:

- la connessione inizialmente non esiste
- gli universi si collegano
- la gola si allarga per un tempo brevissimo
- la connessione torna a sparire

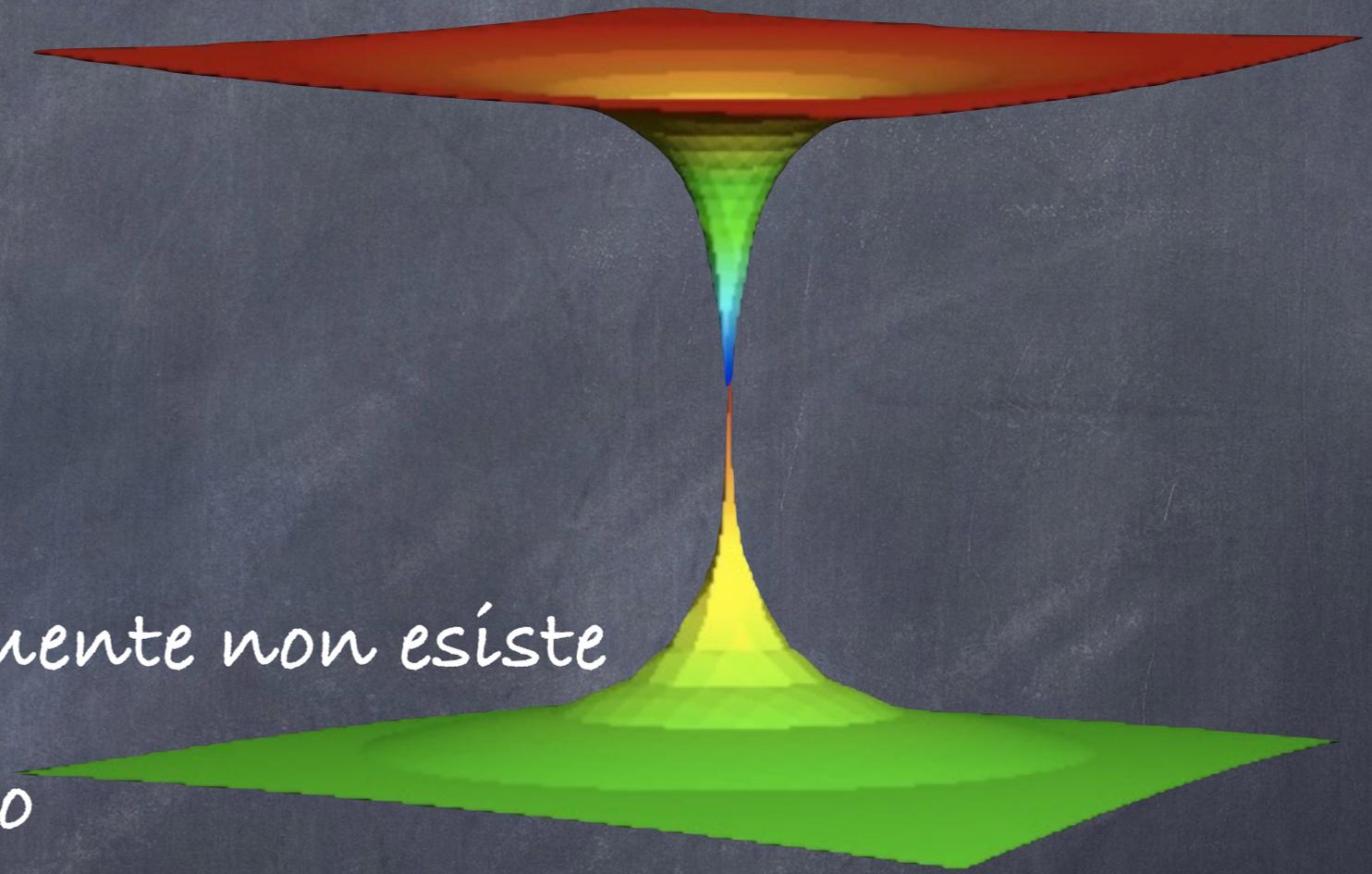


problema:

è il prodotto di un modello matematico idealizzato

Il **cunicolo** può avere un senso se, per qualche motivo, esistesse di per sé, ma in tal caso:

- la connessione inizialmente non esiste
- gli universi si collegano
- la gola si allarga per un tempo brevissimo
- la connessione torna a sparire



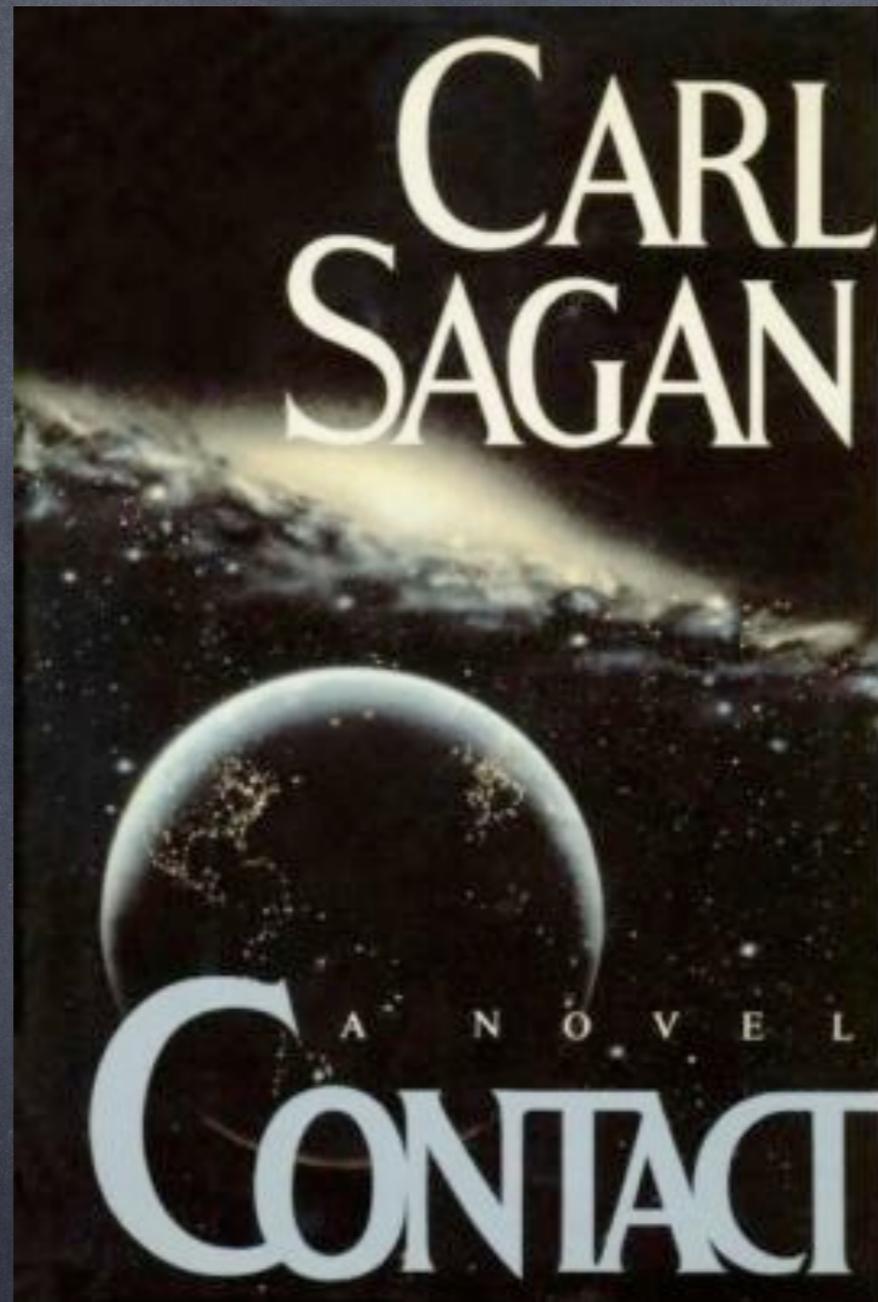
... e se il buco nero ruotasse???

A noi interessa vedere un
altro universo e,
ottimisticamente, visitarlo?

Non stavamo parlando di
viaggio nel tempo più che
dell'universo?



Carl Sagan 1934 - 1996



Contact 1985

From the Academy Award-Winning Director of "Forrest Gump" and Pulitzer Prize-Winning Author of "Contact."

JODIE FOSTER
MATTHEW MCCONAUGHEY

A message from deep space.
Who will be the first to go?
A journey to the heart of the universe.

CONTACT

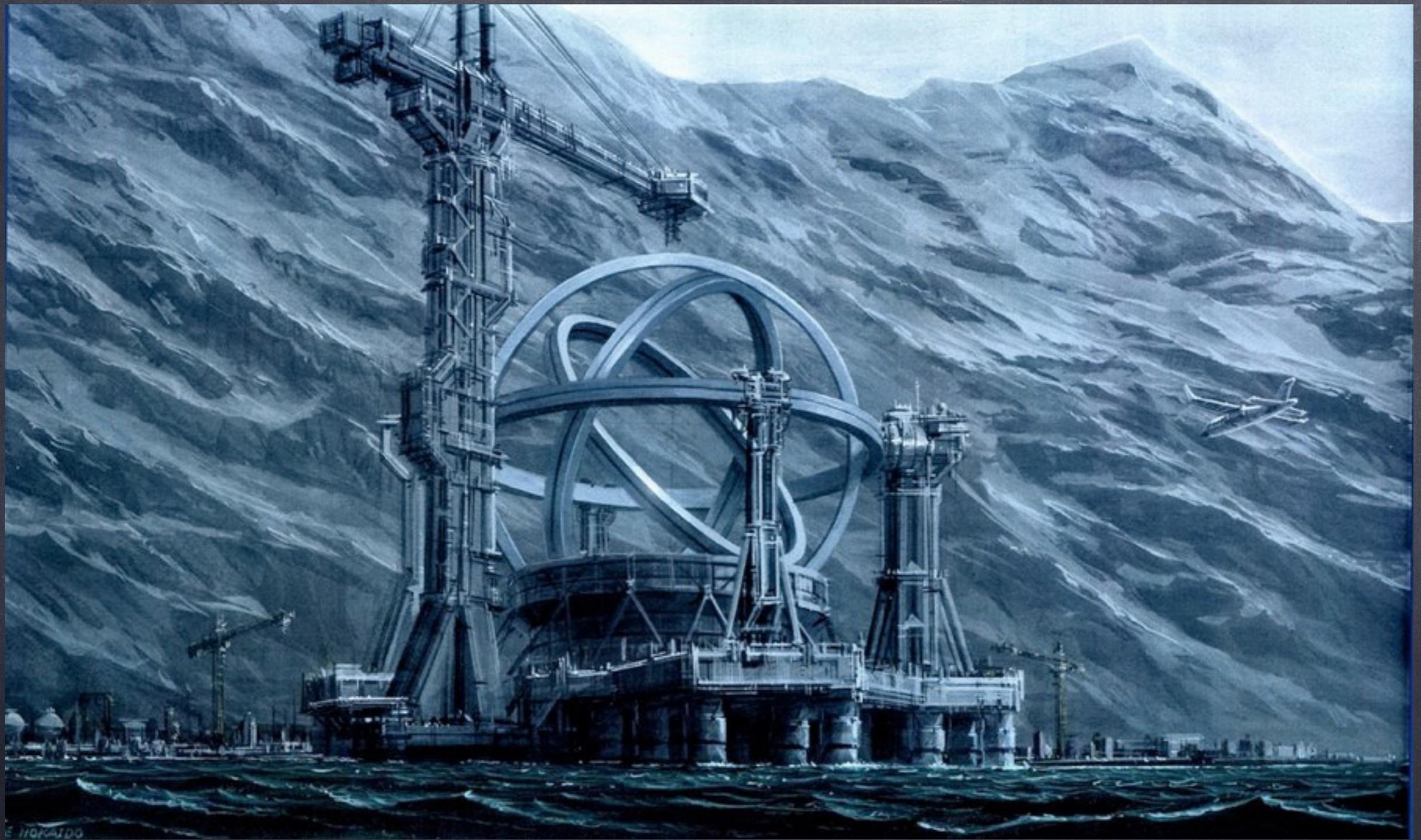
WARNER BROS. PRESENTS

A FILM BY ROBERT ZEMECKIS
STARRING JODIE FOSTER, MATTHEW MCCONAUGHEY, JAMES WOODS, JOHN HURT, TOM SERRITT, ANGELA BASSETT, ALAN SODEN, ARTHUR SCHMIDT, EDWARD VEREEN, DON BURRESS, CARL SAGAN, ANN DREYER, JOHN BRIDGES, LINDA CRIST, CARL SAGAN, ANN DREYER, CARL SAGAN, JAMES V. HART, MICHAEL GOLDENBERG, ROBERT ZEMECKIS, STEVE STORKE, ROBERT ZEMECKIS

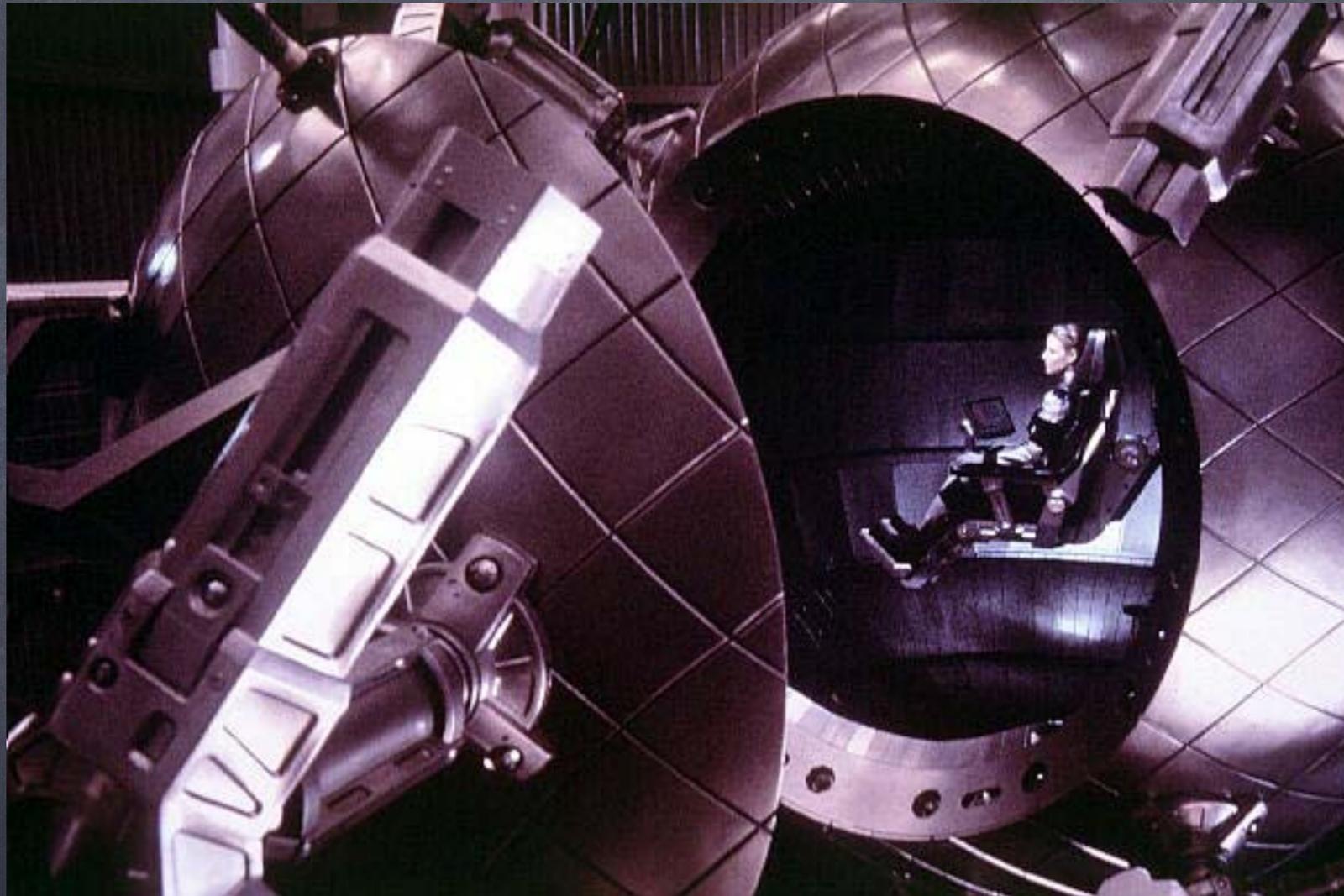
PG PARENTS STRONGLY CAUTIONED
SOME MATERIAL MAY BE INAPPROPRIATE FOR CHILDREN UNDER 13



1997



E. HOKAIDO





Il cunicolo di Sagan collegava due punti dello
stesso universo!!!

Il cunicolo di Sagan collegava due punti dello
stesso universo!!!

Contattò Kip Thorne che
usò un processo "a ritroso"
per verificare la possibilità
pensata da Sagan ...
scrivendo per prima cosa la
risposta!!



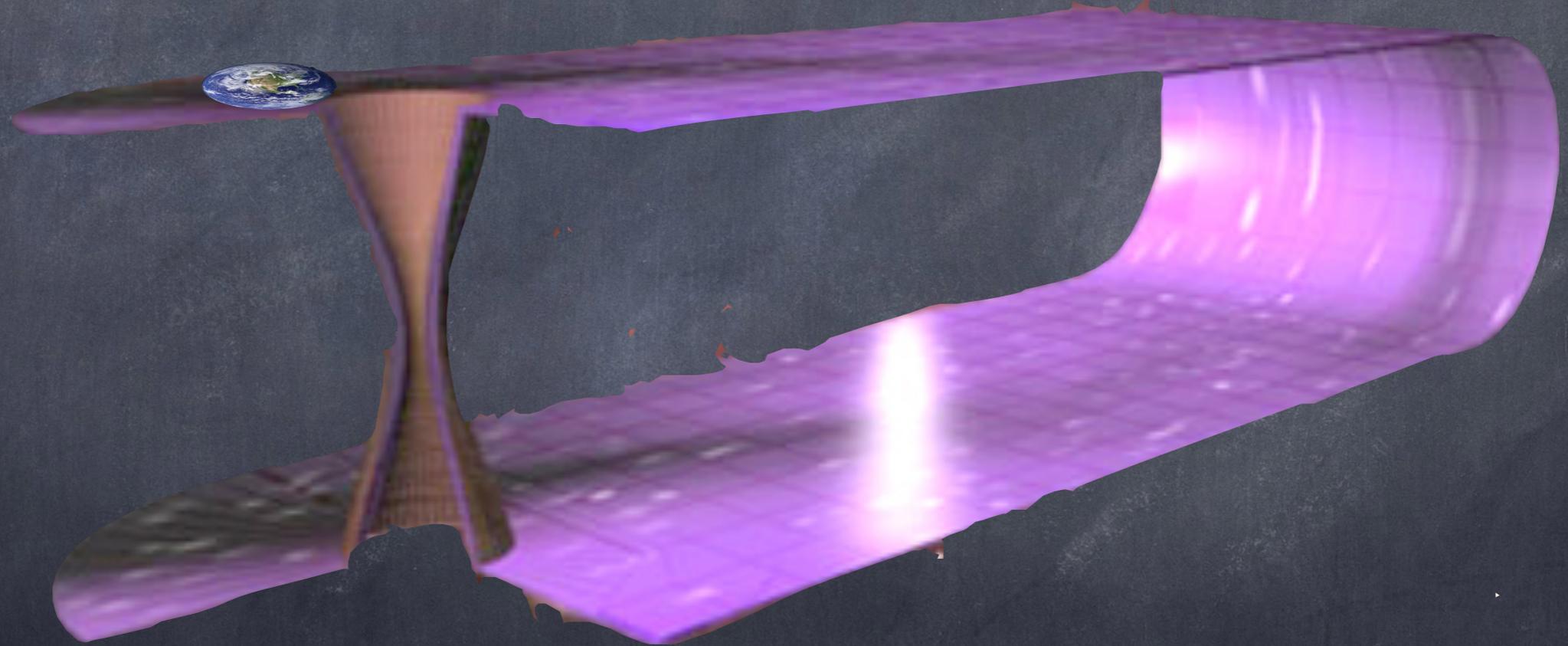
Il cunicolo di Sagan collegava due punti dello
stesso universo!!!

Contattò Kip Thorne che
usò un processo "a ritroso"
per verificare la possibilità
pensata da Sagan ...
scrivendo per prima cosa la
risposta!!



Thorne trova che per "tenere aperto" un tale cunicolo
occorre qualcosa di "esotico", qualcosa che produca
"antigravità" ... cioè quella che i fisici chiamano
energia negativa.

... capito questo i ricercatori intuirono che tale cunicolo poteva essere usato come macchina del tempo per andare nel futuro, ma anche nel passato.



COME COSTRUIRE ^{UNA}MACCHINA DEL TEMPO

un piccolo aiuto quantistico ...

Meccanica
quantistica

COME COSTRUIRE ^{UNA}MACCHINA DEL TEMPO

Un piccolo aiuto quantístico ...

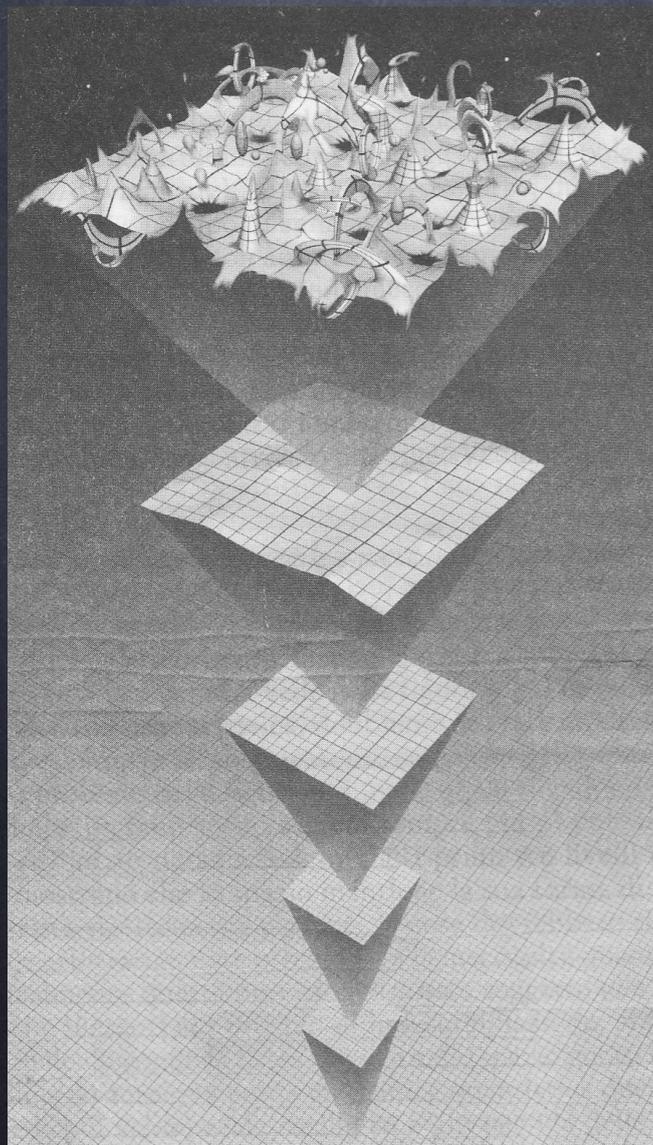


Werner K. Heisenberg
1901-1976

Meccanica
quantistica

COME COSTRUIRE UNA MACCHINA DEL TEMPO

Un piccolo aiuto quantistico ...



Werner K. Heisenberg
1901-1976

Meccanica
quantistica

COME COSTRUIRE ^{UNA}MACCHINA DEL TEMPO

Un piccolo aiuto quantistico ...



Werner K. Heisenberg
1901-1976

Meccanica
quantistica

1) COLLISORE

... acceleratore di ioni pesanti.



Brookhaven National Laboratory - Long Island - New York

Il collisore è il primo passo per impartire alla "schiuma spaziotemporale" l'energia necessaria.

Lo scopo è quello di arrivare a "prendere" un cunicolo virtuale (quello naturalmente esistente grazie alla Meccanica Quantistica) e "portarlo" a diventare reale e, in ultima analisi, utilizzabile.

... è solo un primo stadio ...

Negli acceleratori di ioni pesanti si provocano degli scontri tra nuclei di oro o uranio così energetici da ricreare condizioni simili a quelle successive al Big Bang arrivando a quella che viene chiamata "Quark-Gluon Plasma".

2) DISPOSITIVO DI IMPLOSIONE

... occorre una "reostrizione esplosiva" o "effetto pinch"



Sandia National Laboratory - Nuovo Messico



Per elevare l'energia (ancora ben lontana dai valori che servono!) dobbiamo comprimere la bolla di quark e gluoni.

Forti campi magnetici vengono usati per comprimere il plasma.

La tecnica si chiama "Z-pinch" (1950) e viene usata per la fusione nucleare controllata.

L'energia necessaria sarebbe ben più grande di quelle disponibili attualmente ma non proibitiva.

A questo stadio può esserci un'alternativa: invece dell'effetto pinch si potrebbe usare un acceleratore (migliore degli attuali!) per fornire l'ulteriore energia necessaria.

La speranza è che si origini un piccolo Buco Nero o cunicolo che sia il seme della macchina del tempo.

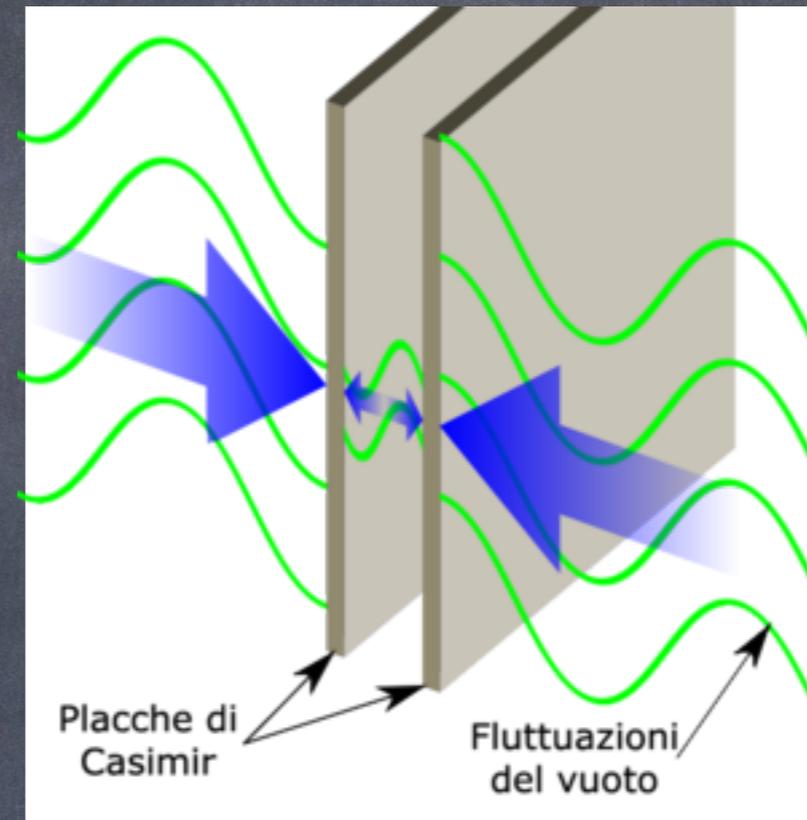
3) DILATATORE

... ed ora abbondiamo con l'energia negativa

3) DILATATORE

... ed ora abbondiamo con l'energia negativa

- Effetto Casimir (1948)



verificato nel 1958

- Specchio mobile (metà degli anni '70)

3) DILATATORE

... ed ora abbondiamo con l'energia negativa

- Effetto Casimir (1948)



Bassa
resa

- Specchio mobile (metà degli anni '70)

3) DILATATORE

... ed ora abbondiamo con l'energia negativa

- Effetto Casimir (1948)



Bassa
resa

- Specchio mobile (metà degli anni '70)

- Laser

3) DILATATORE

... ed ora abbondiamo con l'energia negativa

- Effetto Casimir (1948)

Bassa
resa

- Specchio mobile (metà degli anni '70)

- Laser

Ho anche
energia
positiva

3) DILATATORE

... ed ora abbondiamo con l'energia negativa

- Effetto Casimir (1948)

Bassa
resa

- Specchio mobile (metà degli anni '70)

- Laser

- Mini Buchi Neri

- Cunicolo stesso: autodilatante dopo un'immissione di energia negativa con un Laser

Ho anche
energia
positiva

4) DIFFERENZIATORE

Ora occorre una differenza temporale
permanente tra le estremità



1) usare la dilatazione temporale: un'imboccatura di un piccolo cunicolo viene fatta girare in un acceleratore a velocità prossime a quella della luce per, ad esempio, 10 anni. L'imboccatura viene avvicinata all'altra e possiamo mandare particelle all'indietro nel tempo al massimo di 10 anni. Il cunicolo richiede anche di terminare la dilatazione e di mantenere un lunghezza limitata.

4) DIFFERENZIAITORE

Ora occorre una differenza temporale
permanente tra le estremità



2) Posso differenziare i tempi dei due estremi portando un'estremità del cunicolo in prossimità di una stella massiccia, la manteniamo in tale posizione fino ad avere la differenza temporale desiderata e la riportiamo "a casa"



1895 H.G. Wells - The time Machine

COME DARE UN SENSO A TUTTO CIÒ

... alcune riflessioni ...

COME DARE UN SENSO A TUTTO CIÒ

... alcune riflessioni ...

1) Turisti dal futuro

COME DARE UN SENSO A TUTTO CIÒ

... alcune riflessioni ...

1) Turisti dal futuro

I "turisti del tempo" potrebbero tornare indietro solo fino al momento della costruzione della macchina del tempo

COME DARE UN SENSO A TUTTO CIÒ

... alcune riflessioni ...

1) Turisti dal futuro

I "turisti del tempo" potrebbero tornare indietro solo fino al momento della costruzione della macchina del tempo

2) Paradosso del nonno

COME DARE UN SENSO A TUTTO CIÒ

... alcune riflessioni ...

1) Turisti dal futuro

I "turisti del tempo" potrebbero tornare indietro solo fino al momento della costruzione della macchina del tempo

2) Paradosso del nonno

Cambiare il passato è paradossale, ma influire sul passato è ineccepibile dal punto di vista logico

COME DARE UN SENSO A TUTTO CIÒ

... alcune riflessioni ...

1) Turisti dal futuro

I "turisti del tempo" potrebbero tornare indietro solo fino al momento della costruzione della macchina del tempo

2) Paradosso del nonno

Cambiare il passato è paradossale, ma influire sul passato è ineccepibile dal punto di vista logico

Il paradosso si presenta quando vengono combinati i circoli causali con il libero arbitrio incondizionato

3) Tachioni

3) I Tachioni

Ipotetiche particelle che che viaggiano **sempre** ad una velocità superiore a quella della luce

3) I Tachioni

Ipotetiche particelle che che viaggiano **sempre** ad una velocità superiore a quella della luce

- esistono?
- avrebbero massa immaginaria (matematicamente)
- interagiscono con la materia ordinaria?

3) I Tachioni

Ipotetiche particelle che che viaggiano **sempre** ad una velocità superiore a quella della luce

- esistono?
- avrebbero massa immaginaria (matematicamente)
- interagiscono con la materia ordinaria?

4) Come fare soldi

3) I Tachioni

Ipotetiche particelle che che viaggiano **sempre** ad una velocità superiore a quella della luce

- esistono?
- avrebbero massa immaginaria (matematicamente)
- interagiscono con la materia ordinaria?

4) Come fare soldi

Un viaggiatore torna nel passato di un giorno e ritrova se stesso, si "duplica". Entrambi tornano indietro e ritrovano "se" stesso ... ora sono in tre ... E se facessimo tutto ciò con in mano un lingotto d'oro?

3) I Tachioni

Ipotetiche particelle che che viaggiano **sempre** ad una velocità superiore a quella della luce

- esistono?
- avrebbero massa immaginaria (matematicamente)
- interagiscono con la materia ordinaria?

4) Come fare soldi

Un viaggiatore torna nel passato di un giorno e ritrova se stesso, si "duplica". Entrambi tornano indietro e ritrovano "se" stesso ... ora sono in tre ... E se facessimo tutto ciò con in mano un lingotto d'oro?

Avrei però una violazione sistematica dei principi di conservazione!!!

5) il teorema venuto dal futuro

5) IL teorema venuto dal futuro
L'informazione viene dall'aria fresca

5) il teorema venuto dal futuro
L'informazione viene dall'aria fresca

E se fosse possibile evitare almeno alcuni paradossi?

5) il teorema venuto dal futuro
L'informazione viene dall'aria fresca

E se fosse possibile evitare almeno alcuni paradossi?

La Meccanica Quantistica è indeterministica mentre la
Meccanica Newtoniana è deterministica

5) il teorema venuto dal futuro
L'informazione viene dall'aria fresca

E se fosse possibile evitare almeno alcuni paradossi?

La Meccanica Quantistica è indeterministica mentre la
Meccanica Newtoniana è deterministica

interpretazione "a molti universi"

5) IL teorema venuto dal futuro
L'informazione viene dall'aria fresca

E se fosse possibile evitare almeno alcuni paradossi?

La Meccanica Quantistica è indeterministica mentre la
Meccanica Newtoniana è deterministica

interpretazione "a molti universi"

viaggio nel tempo e libero arbitrio diventano compatibili

BIBLIOGRAFIA

- [1] I. Newton, "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica", vol. 1, def. VIII, 1687
- [2] A. Einstein, "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", Annalen der Physik, vol. 17, pp. 891-921, 1905
- [3] A. Einstein, "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie", Annalen der Physik, (4) vol. 49, pp. 769-822, 1916
- [4] W. J. van Stockum, "The gravitational field of a distribution of particles rotating around an axis of symmetry", Proc. Roy. Soc. Edinburgh 57: 135, 1937
- [5] K. Gödel, "An example of a new type of cosmological solution of Einstein's field equations of gravitation", Rev. Mod. Phys. 21: 447-450, 1949
- P. Davies, "Come costruire una macchina del tempo", Saggi Mondadori, 2003
- P. Davies, "I Misteri del Tempo", Oscar Saggi Mondadori, 1997