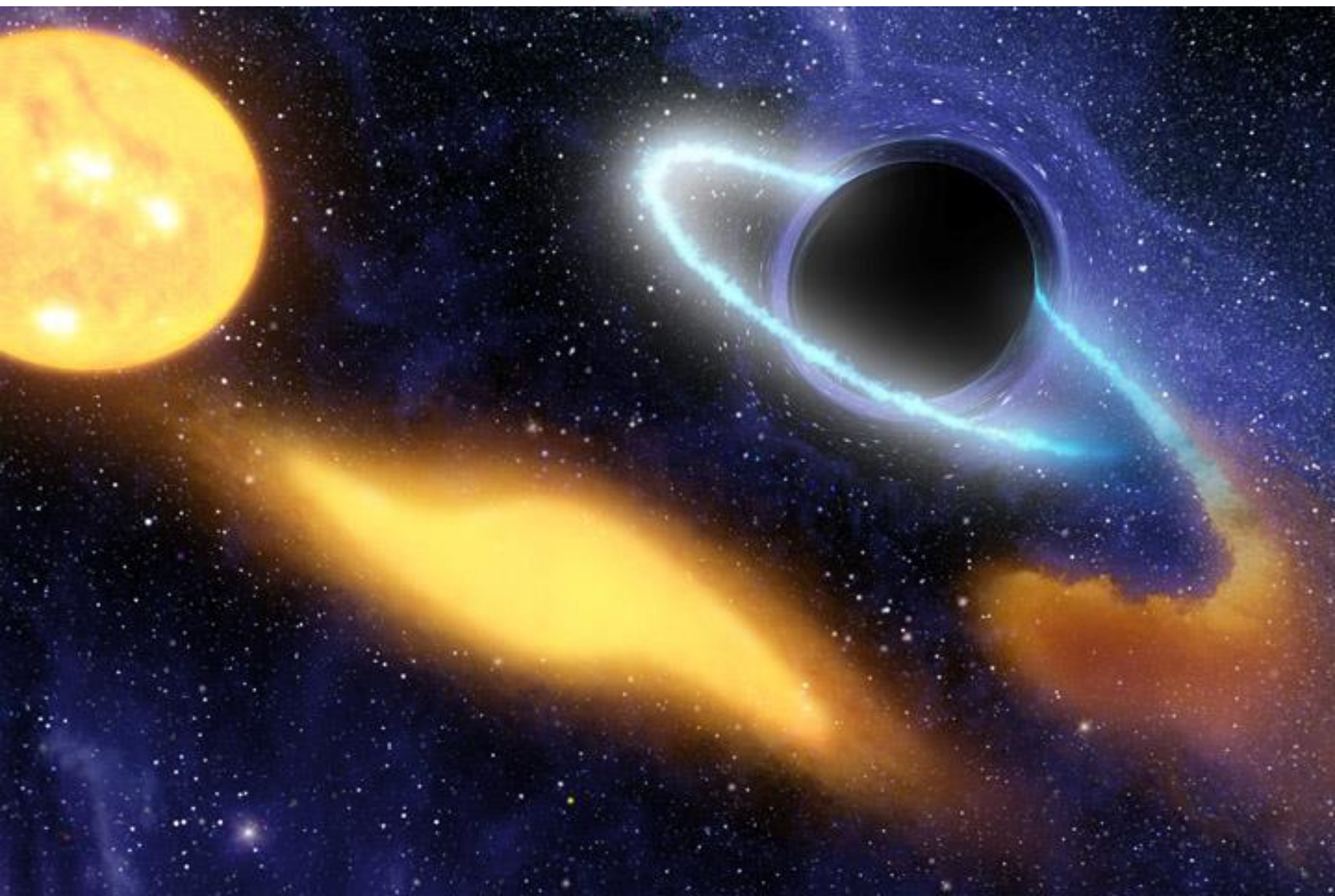


A woman with glasses is shown in profile, looking thoughtful with her hand to her chin. The background is a vibrant, swirling vortex of purple, blue, and pink colors. Overlaid on this is large, bold, 3D-style text in shades of yellow and orange.

Buchi neri da brivido: Misteri e scommesse

Catalina Curceanu, LNF-INFN

OpenDay - LNF-INFN 23 maggio 2015









La Relativita'

Imagine travelling through space on a beam of light at the speed of light.



Albert Einstein, theory of relativity, gravity, velocity, energy, mass, speed, time, $E=mc^2$ Albert Ein





La Relativita'

Per descrivere il comportamento dei “corpi” che si muovono molto velocemente.

La relativita' speciale

- Nessun corpo (oggetto) puo muoversi con una velocita' maggiore della luce
- La massa rappresenta una forma di energia

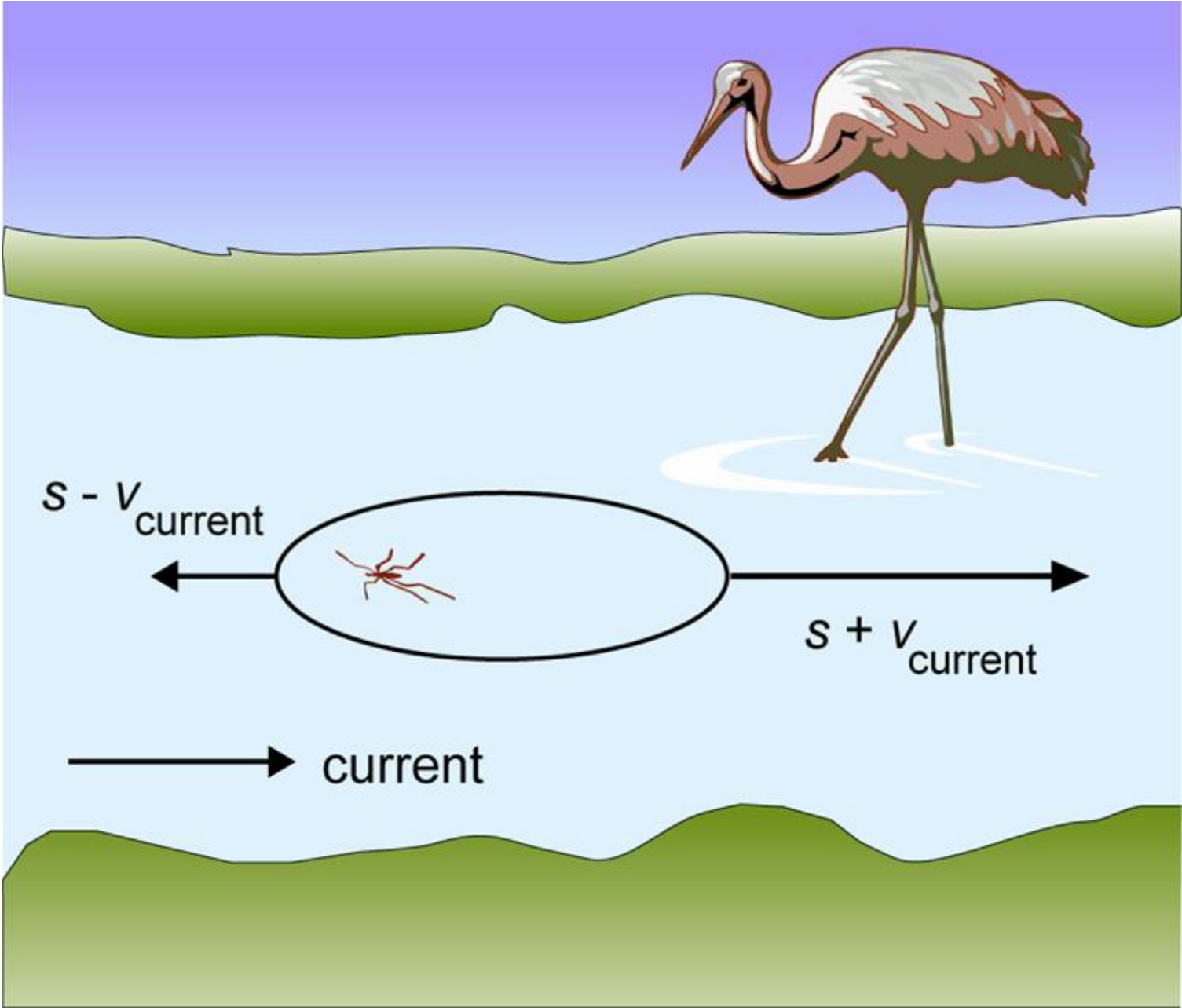
$$E = m c^2$$

La relativita' generale

- Comprende gli effetti della forza di gravita'; descrive l'espansione dell'Universo, i buchi neri, etc.



Einstein nel 1905, all'eta' di 26 anni



←
Ether?



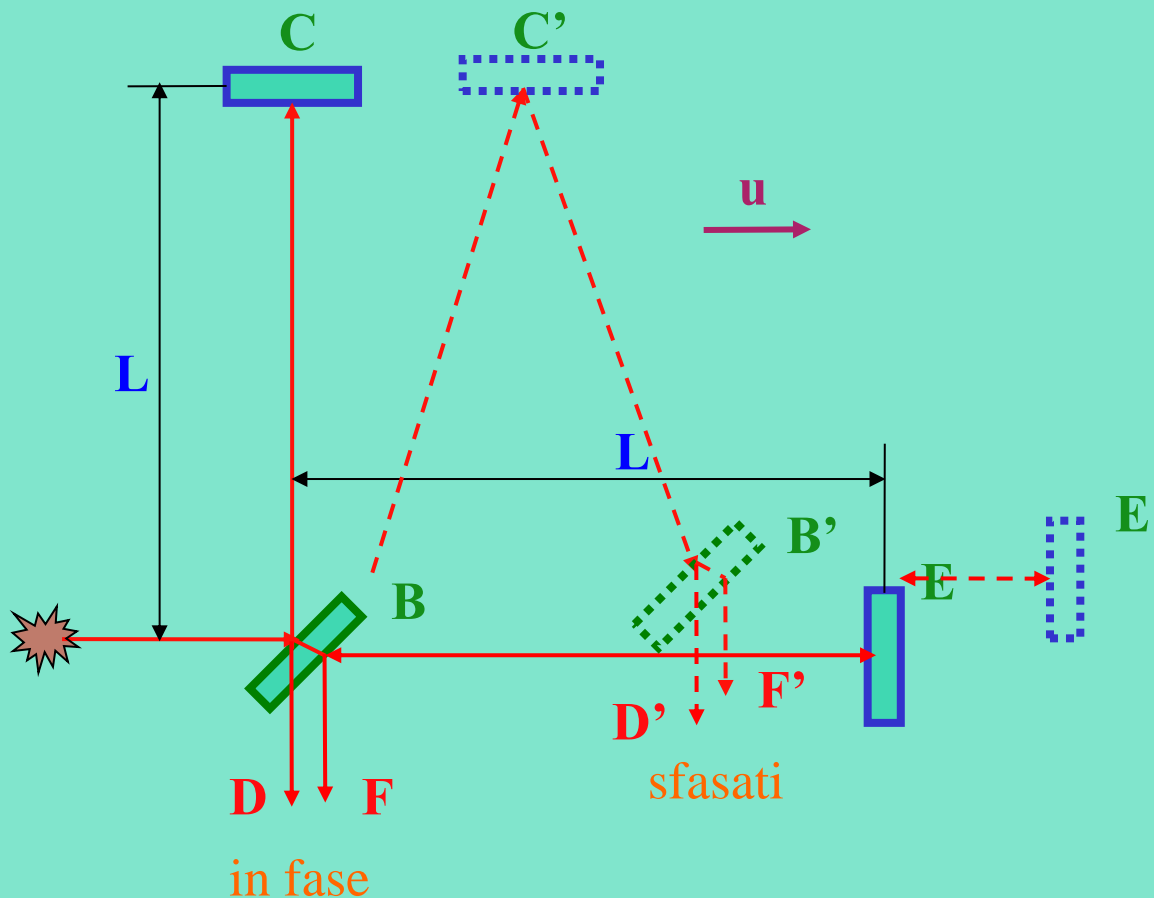
Speed =
 $c + v_{\text{ether}}?$

Speed =
 $c - v_{\text{ether}}?$

Michelson & Morley

(1887)

Ta Terra si doveva muovere nell'etere.....



Interferometer

$$t_1 : B - E - B$$

$$t_2 : B - C - B$$

$$t_1 = \frac{2L / c}{1 - u^2 / c^2}$$

$$t_2 = \frac{2L / c}{(1 - u^2 / c^2)^{1/2}}$$

Michelson & Morley

Misura sperimentale:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 0$$



La velocità della luce è la stessa in tutte le direzioni
(nessun effetto dovuto all'etere)

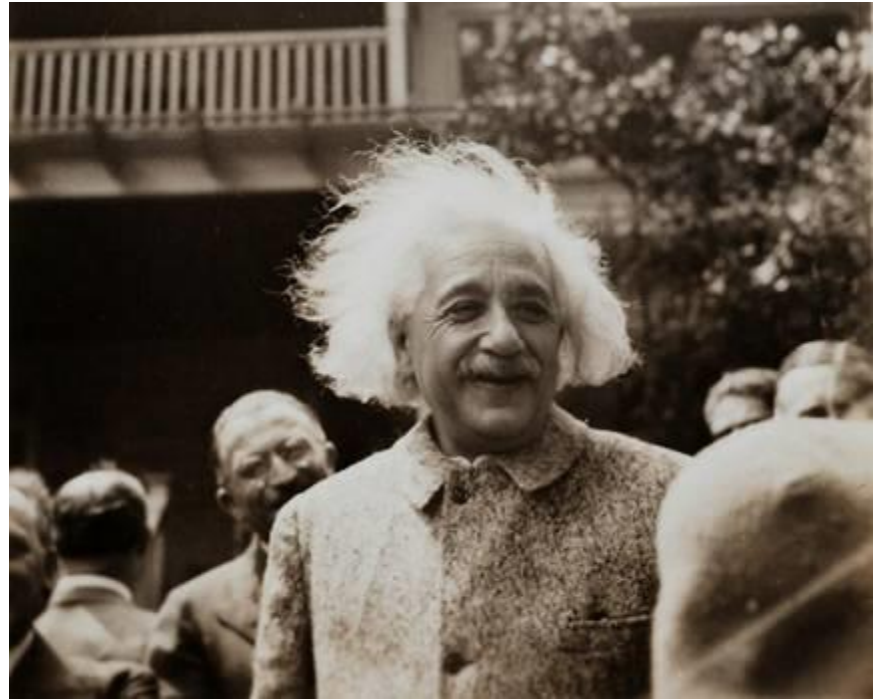


Due possibili soluzioni:

- 1) La luce non si propaga nella stessa modalità in vari sistemi referenziali (Maxwell laws)
- 2) Leggi di trasformazione Galileane non sono valide!

Einstein

(1905)



Einstein

(1905)



→ **La teoria della relativita' – postulati:**

P1 - Le leggi della fisica sono le stesse in tutii i SRI

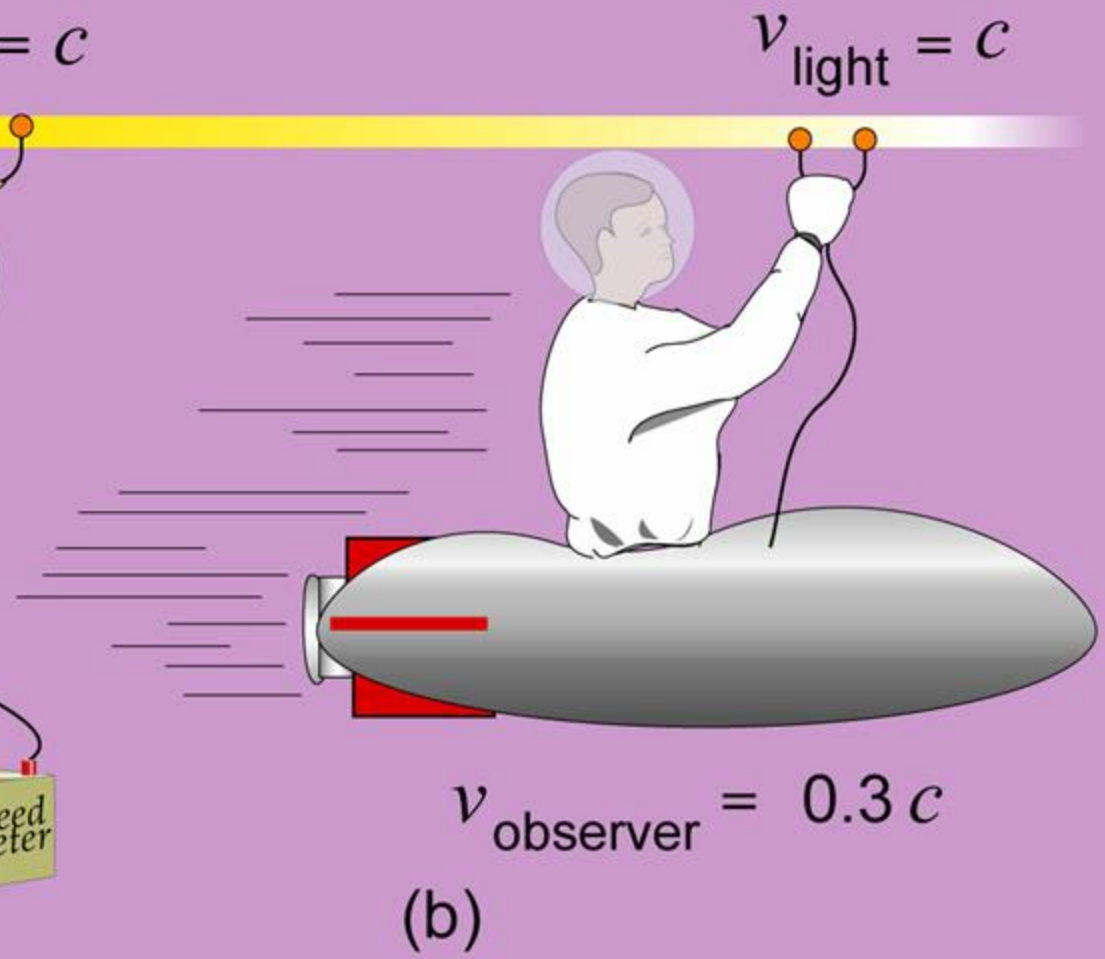
Than Maxwell eq. are ok if and only if:

P2 - La velocita' della luce e' la stessa in tutti SRI

→ **Etere non esiste**

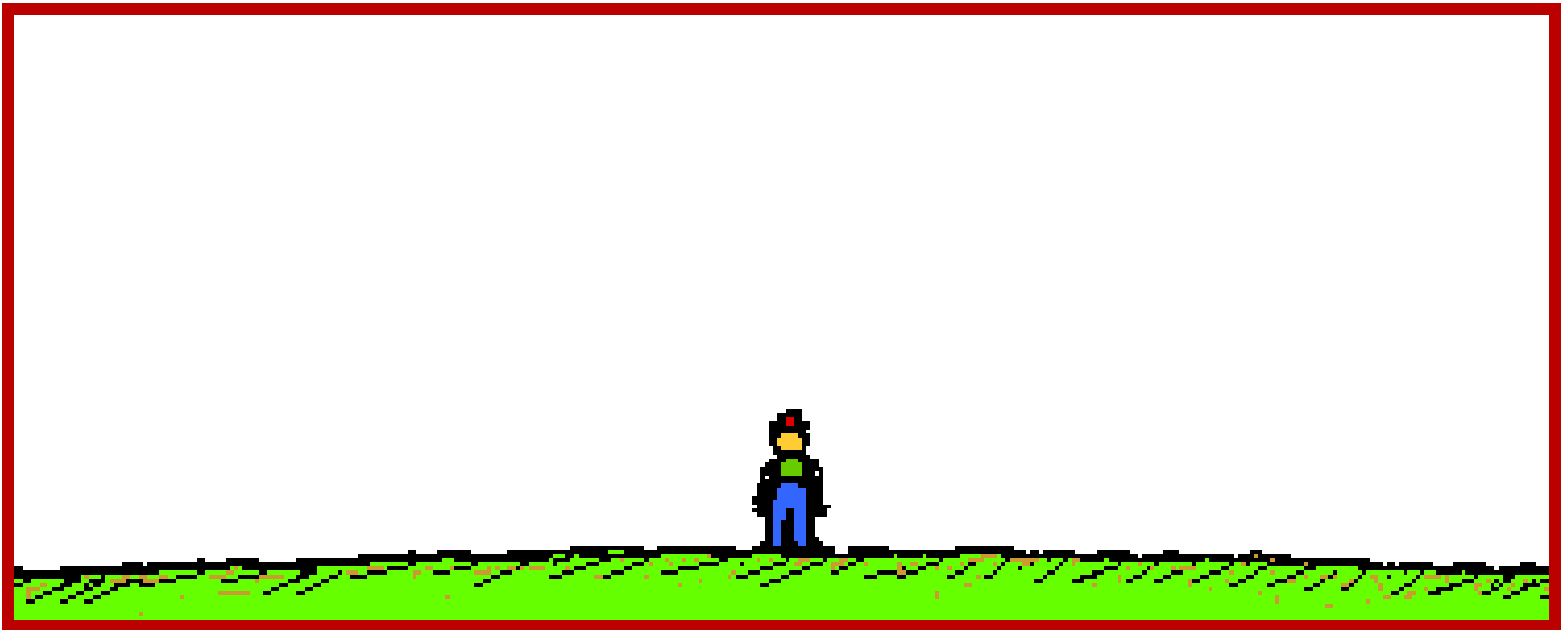
Einstein

Dopo dieci anni di riflessione, un siffatto principio risultò da un paradosso nel quale m'ero imbattuto all'età di 16 anni: se io potessi seguire un raggio di luce a velocità c (la velocità della luce nel vuoto), il raggio di luce mi apparirebbe come un campo elettromagnetico oscillante nello spazio, in stato di quiete. Ma nulla del genere sembra possa sussistere sulla base dell'esperienza o delle equazioni di Maxwell. Fin dal principio mi sembrò intuitivamente chiaro che, dal punto di vista di un tale ipotetico osservatore, tutto debba accadere secondo le stesse leggi che valgono per un osservatore fermo rispetto alla Terra. Altrimenti, come farebbe il primo osservatore a sapere, cioè come potrebbe stabilire, di essere in uno stato di rapidissimo moto uniforme?



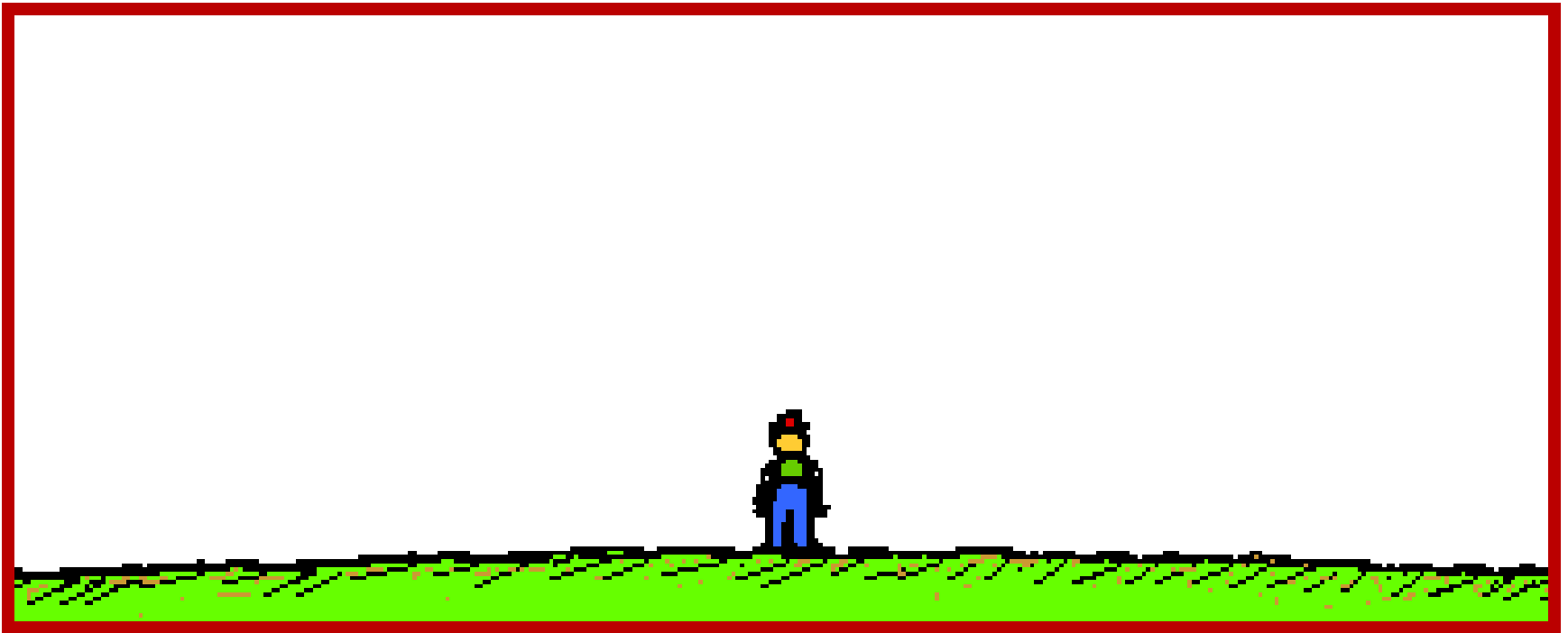
Contrazione delle lunghezze

- 10% velocità della luce



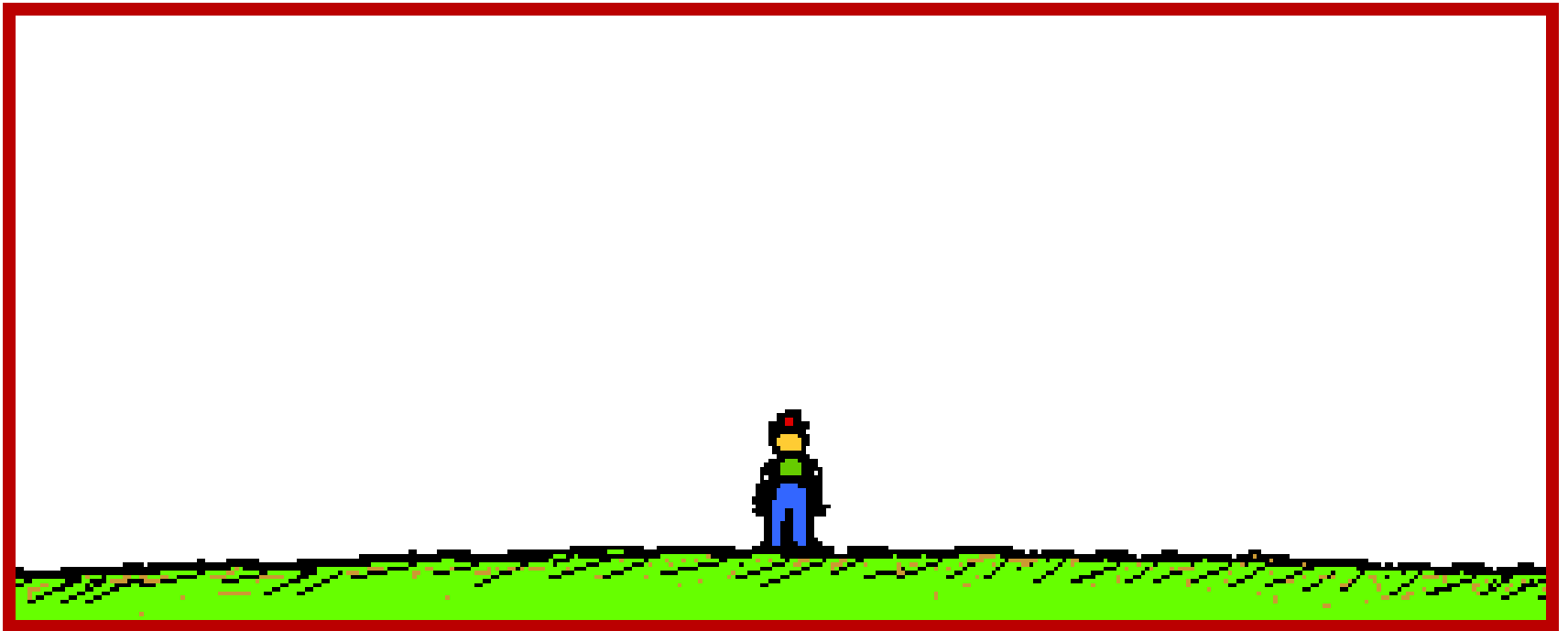
Contrazione delle lunghezze

- 86% velocità della luce



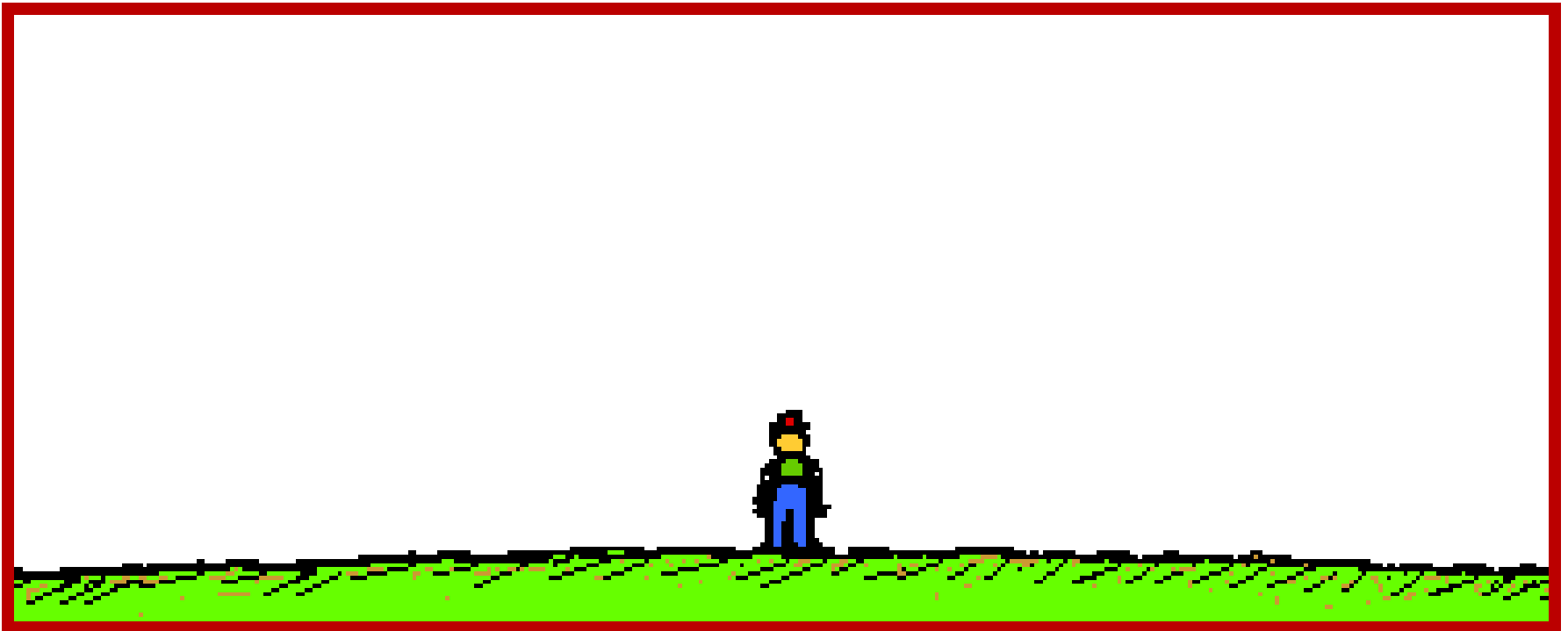
Contrazione delle lunghezze

- 99% velocità' della luce

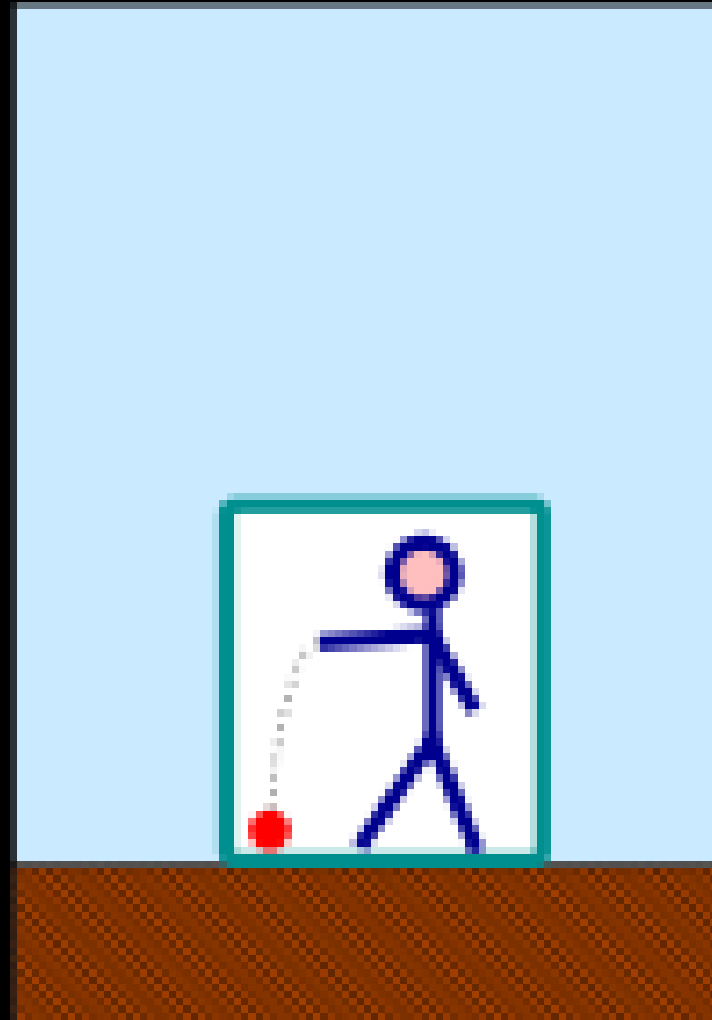
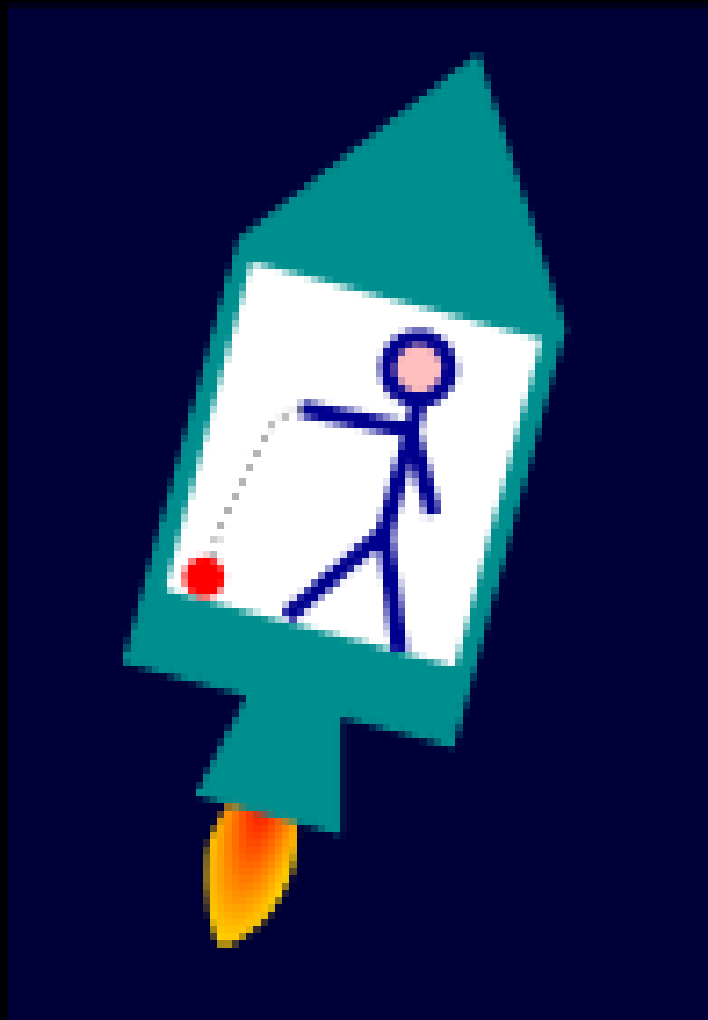


Contrazione delle lunghezze

- 99.99% velocità della luce

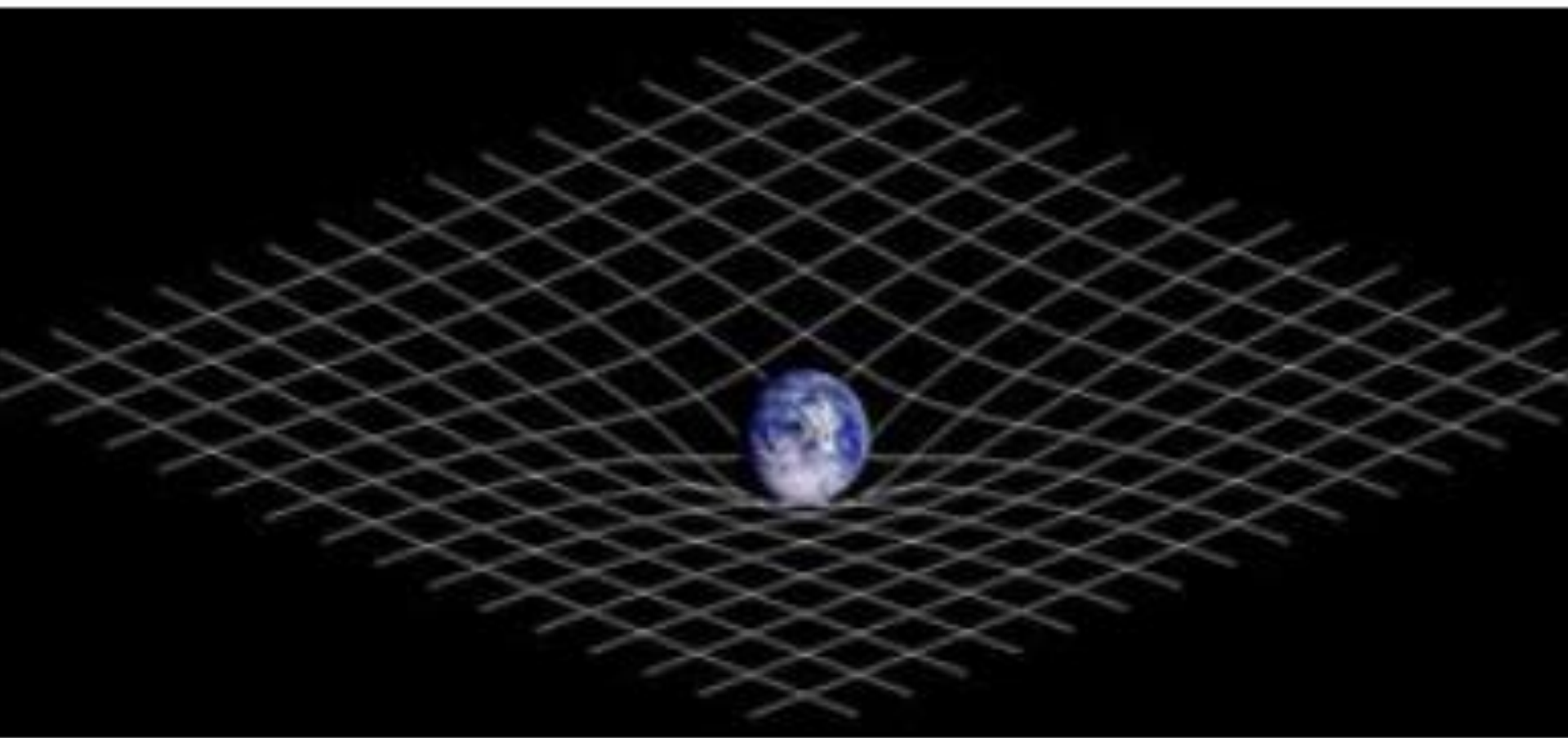


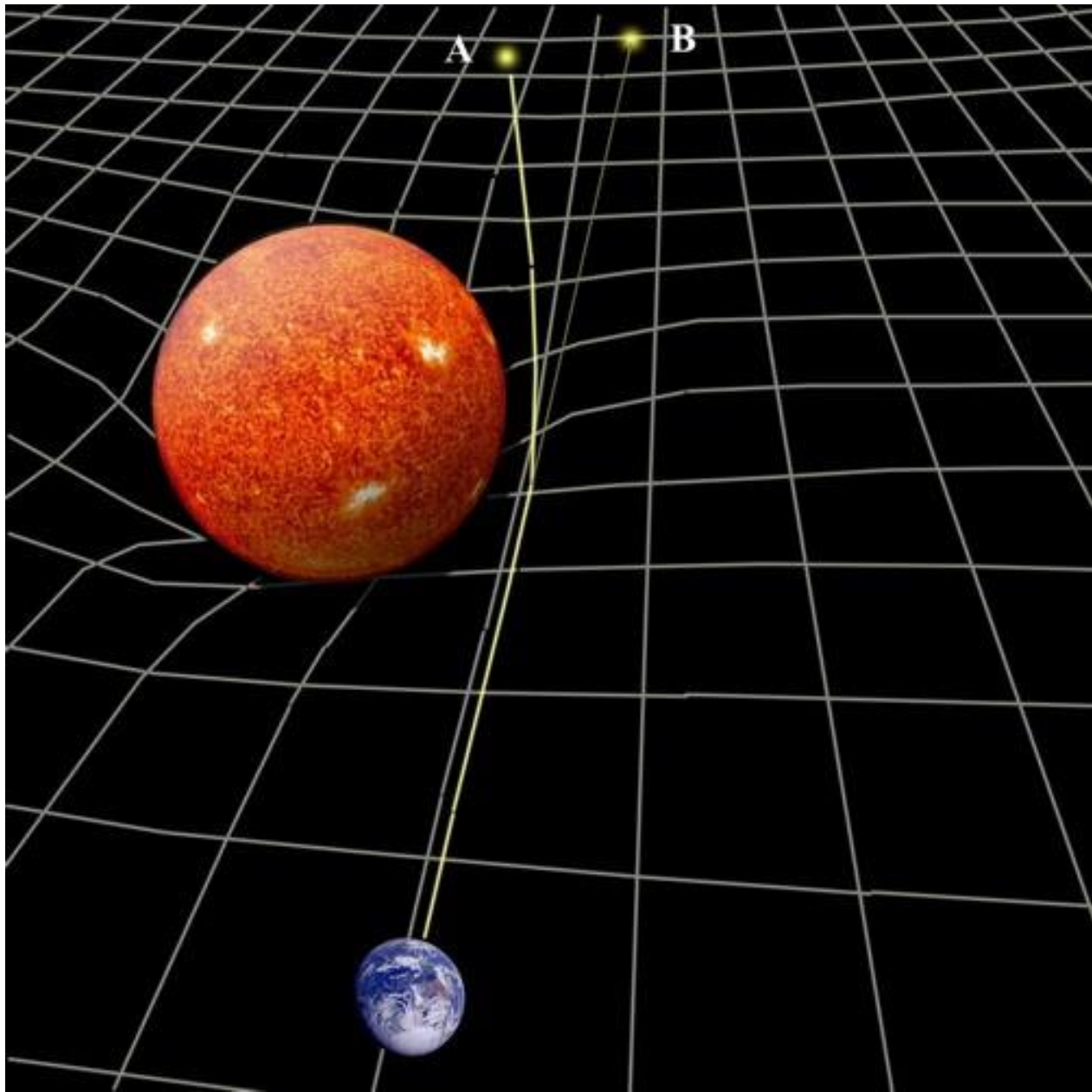
Relativita' generale - principio di equivalenza



Relatività Generale (1915)

- La gravità provoca **distorsioni** nel tessuto spaziotemporale
- Se c'è accelerazione le fette spaziotemporali sono **curve**
- La **gravità** non è una forza ma la manifestazione della **geometria spaziotemporale**
- I corpi si muovono liberamente nello spaziotempo seguendo la traiettoria più rettilinea possibile (**geodetica**)





Le Equazioni di Einstein

Sono equazioni di campo che pongono in relazione il grado e la natura della distorsione dello spazio-tempo con la materia gravitante che la produce

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

**geometria
spazio-tempo**

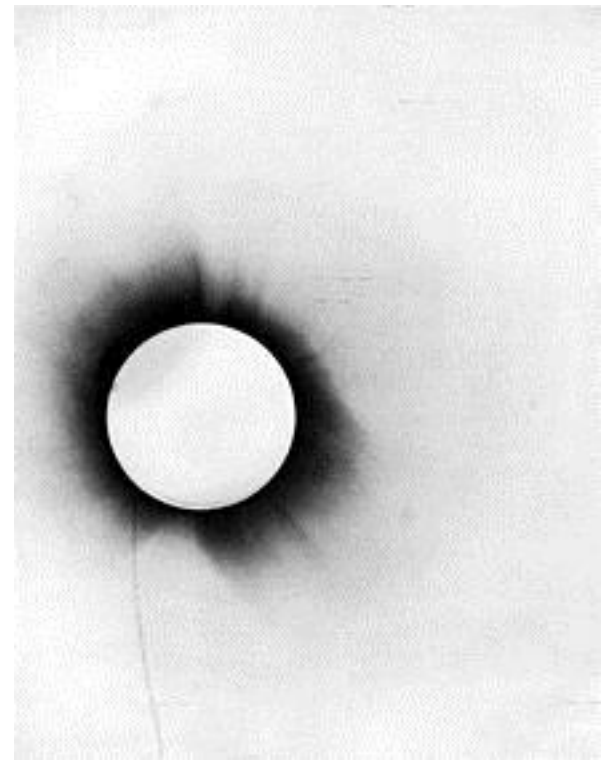
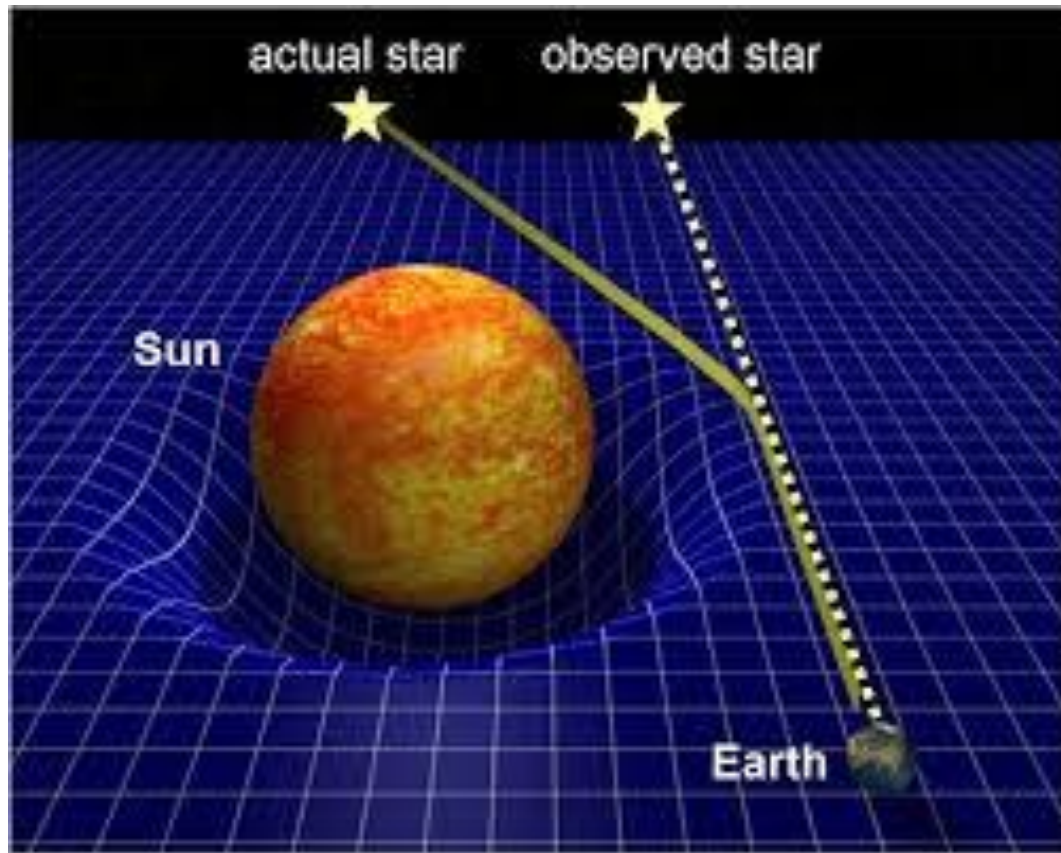
=

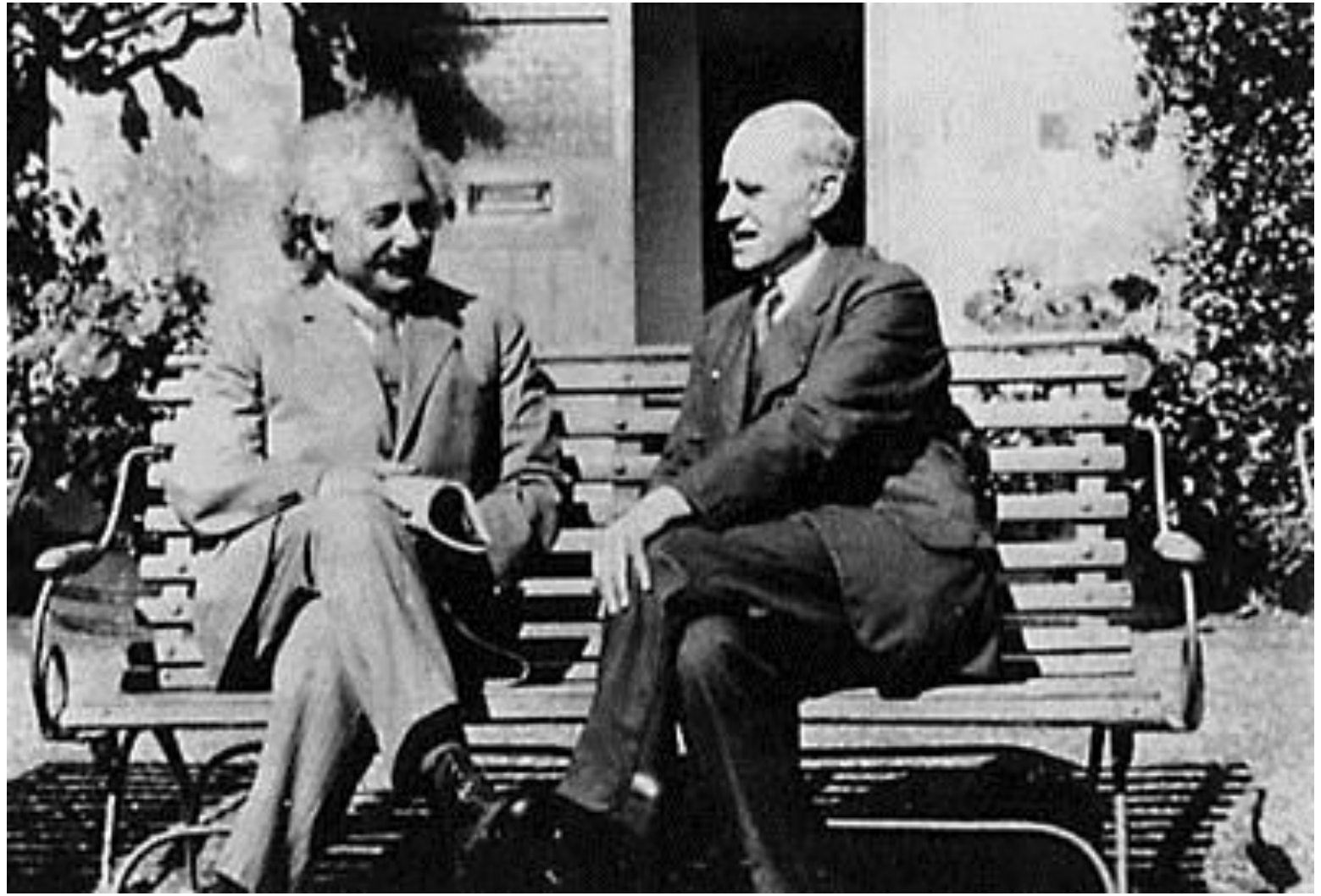
**distribuzione massa-
energia della
sorgente**

Lo spazio-tempo dice alla materia come muoversi;

La materia dice allo spazio-tempo come distorcersi

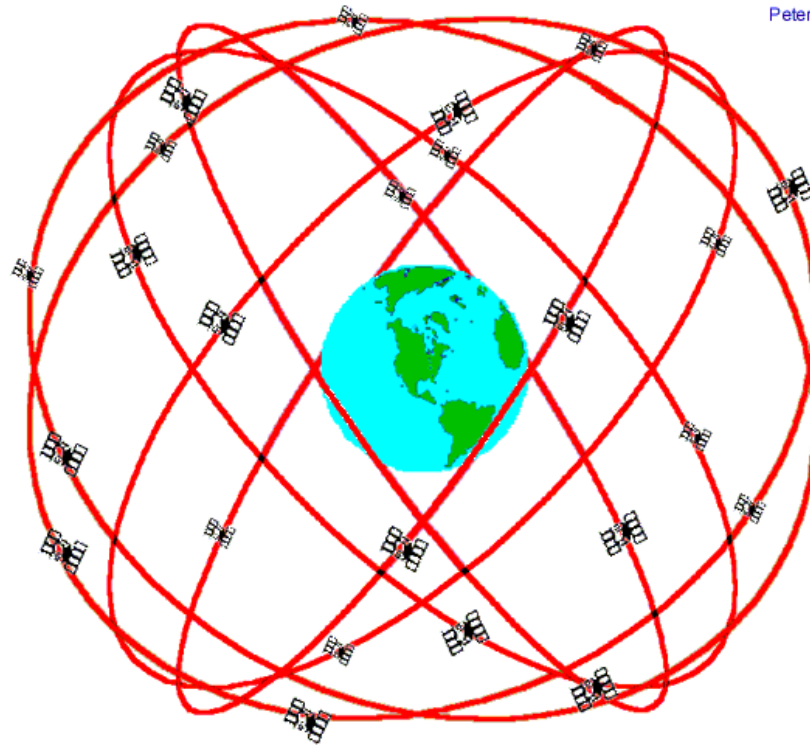
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \underline{\Lambda} g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$





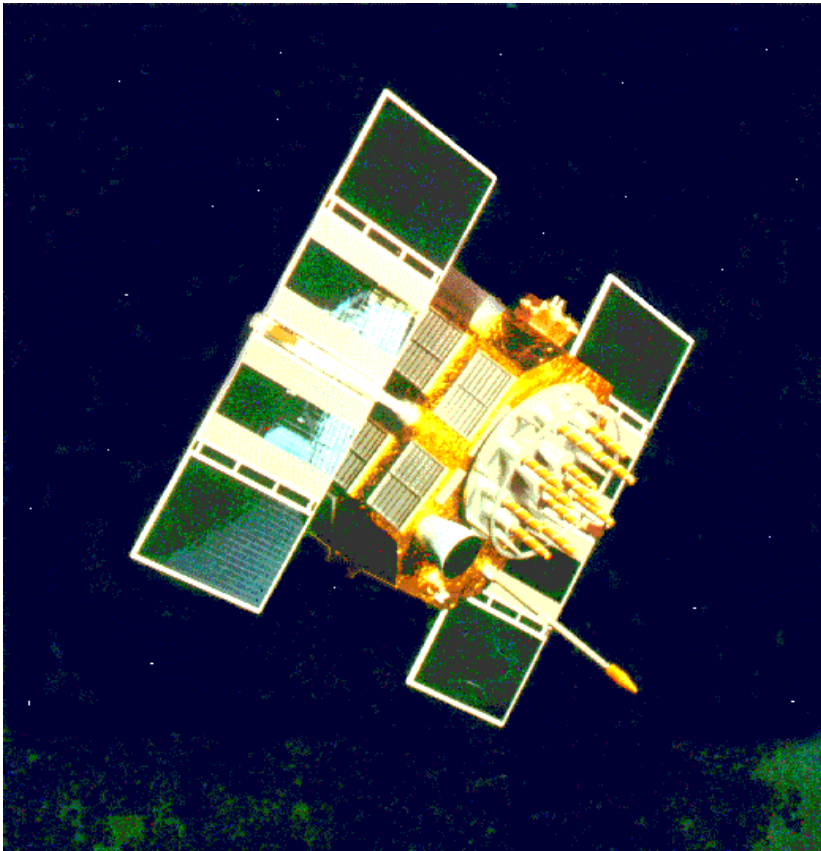
The Global Position System (GPS)

Peter H. Dana 9/22/98

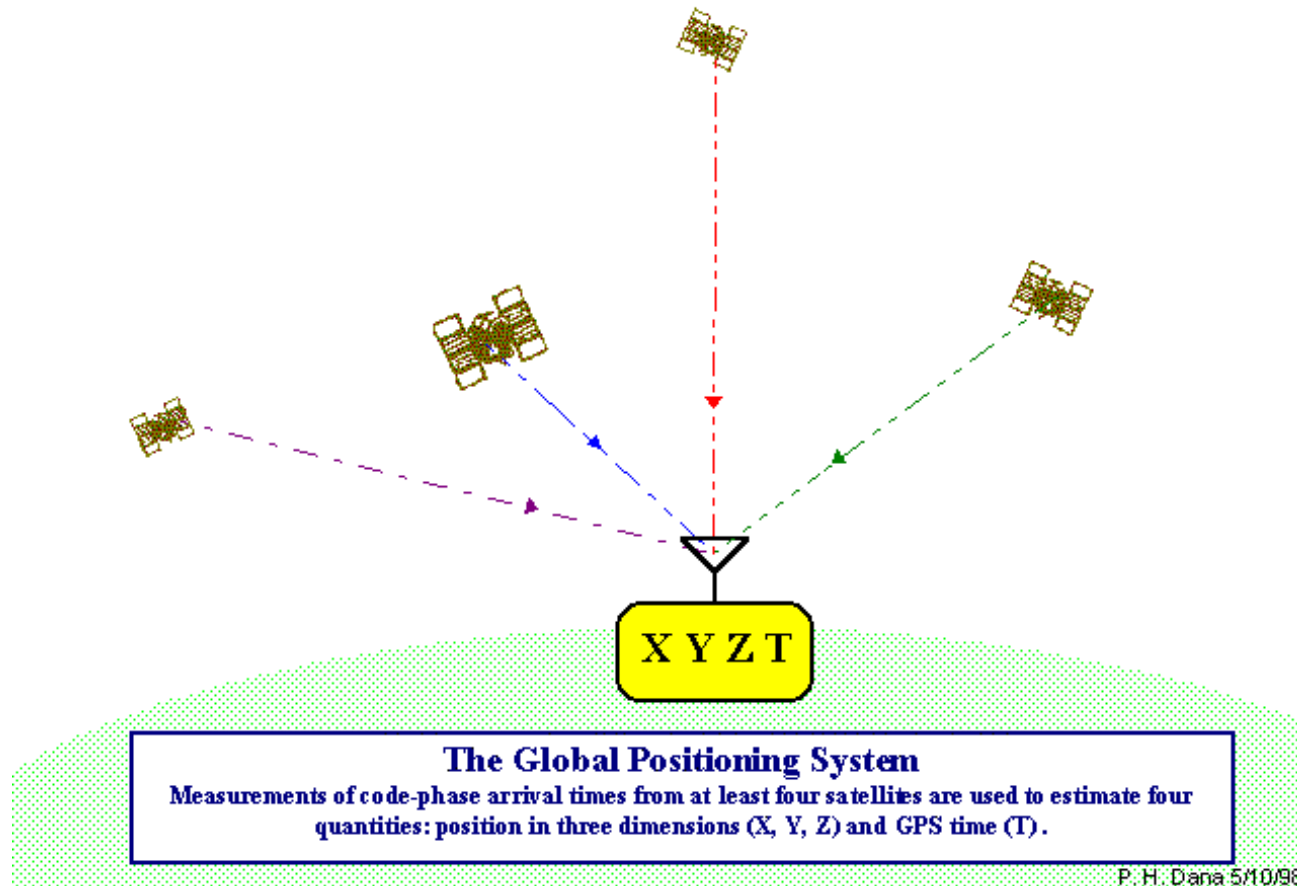


GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

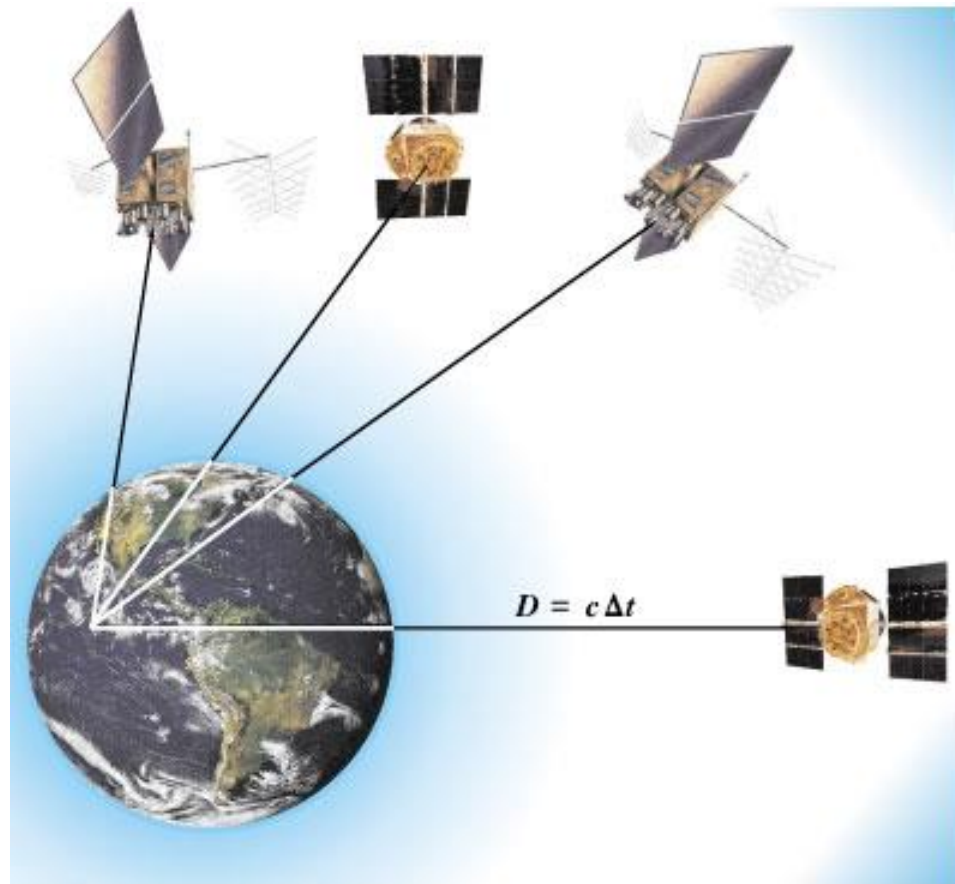
The Global Position System (GPS)



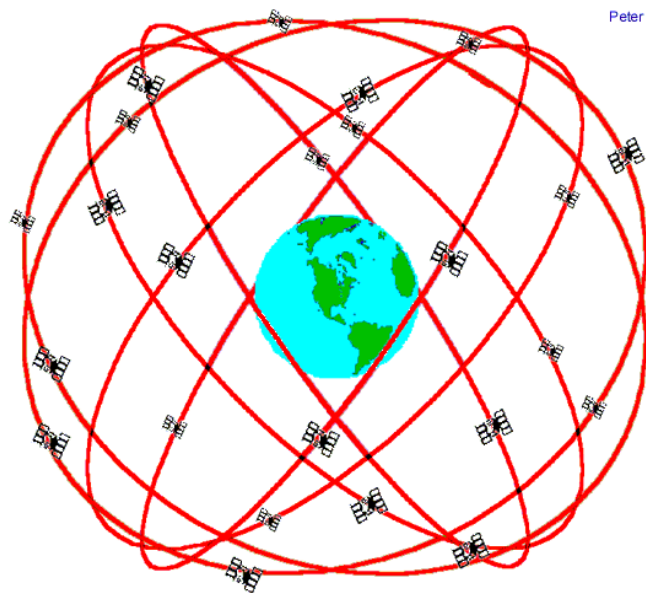
The Global Position System (GPS)



The Global Position System (GPS)



The Global Position System (GPS) e la relativita'!



Peter H. Dana 9/22/98

$$v = 3.87 \text{ Km/s}$$

$$t_{01} - t_{01}' = (1 - \gamma) t_{01}$$

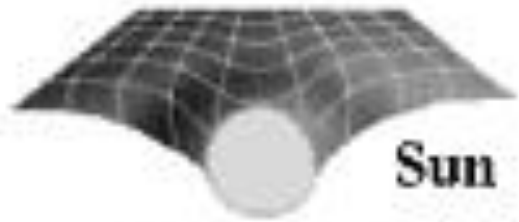
1 orbit ~ 12 hours

→ $t_{01} - t_{01}' \sim 6 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

→ $\Delta D \sim 18 \text{ m}$

GPS Nominal Constellation
24 Satellites in 6 Orbital Planes
4 Satellites in each Plane
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

Due to other effects connected to general relativity $\Delta D \sim 100 \text{ m}$



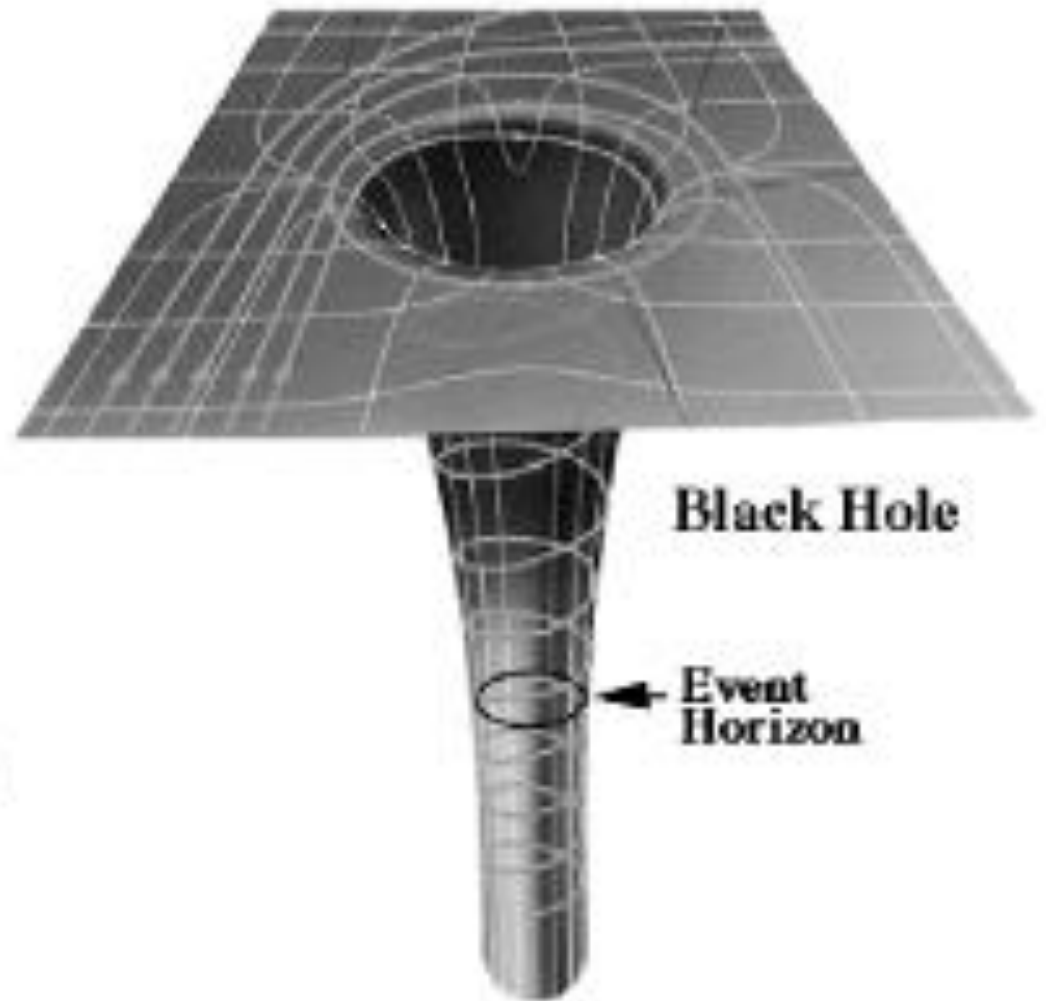
Sun



White Dwarf



Neutron Star



Black Hole

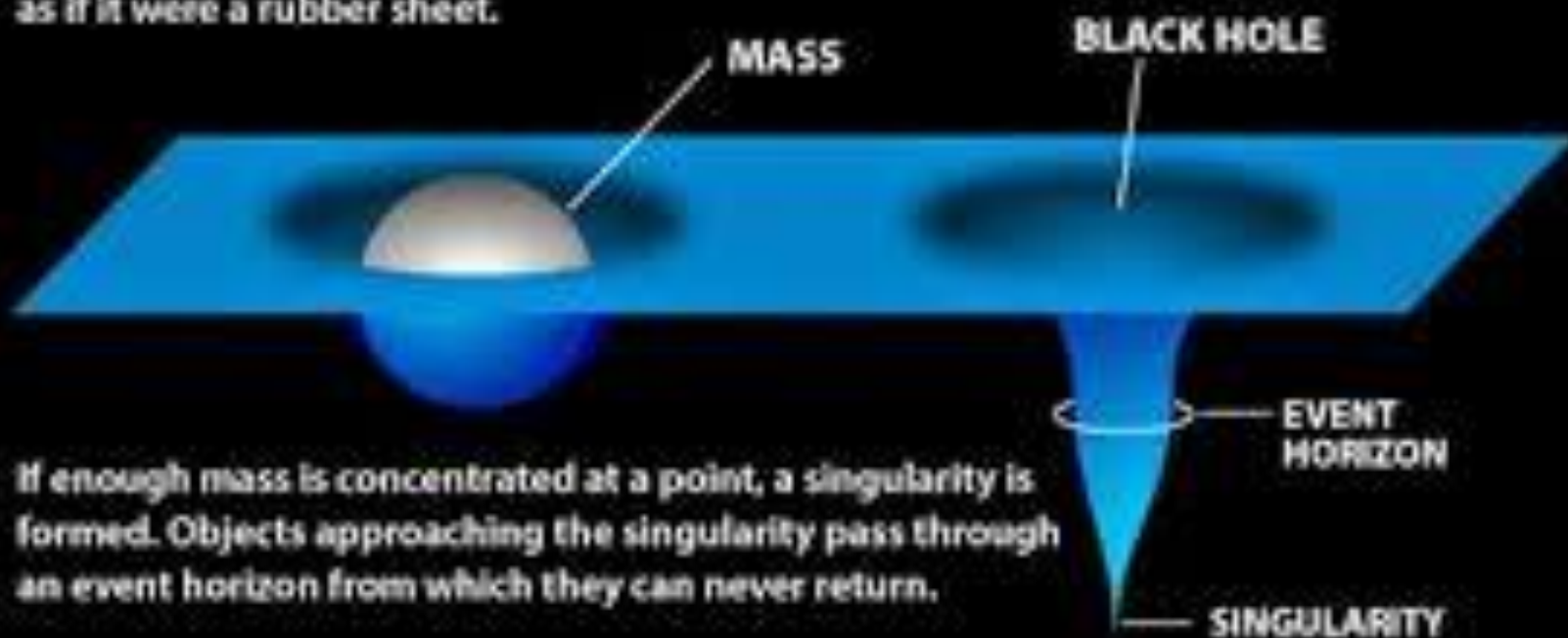
Event Horizon

Credit: Adam Apollo



HOW TO MAKE A BLACK HOLE

The presence of mass distorts the local space-time as if it were a rubber sheet.



If enough mass is concentrated at a point, a singularity is formed. Objects approaching the singularity pass through an event horizon from which they can never return.



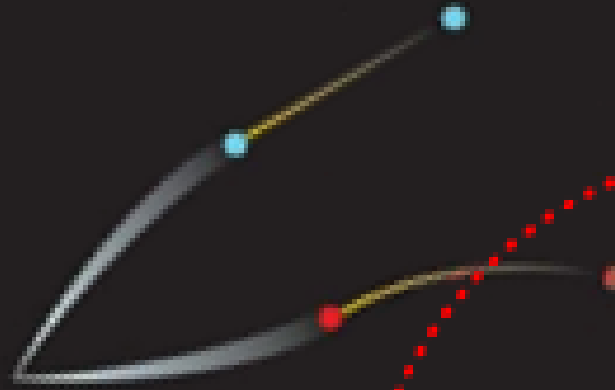
I buchi neri non sono così'...neri
radiazione di Hawking
(effetti quantistici)



Creazione di una coppia di particelle virtuali nello spazio ordinario: di norma si annichilano subito.



Creazione di una coppia di particelle virtuali nei pressi dell'orizzonte degli eventi di un buco nero: una particella sfugge nello spazio e l'antiparticella precipita all'interno del buco nero.



Orizzonte degli eventi

Buco nero

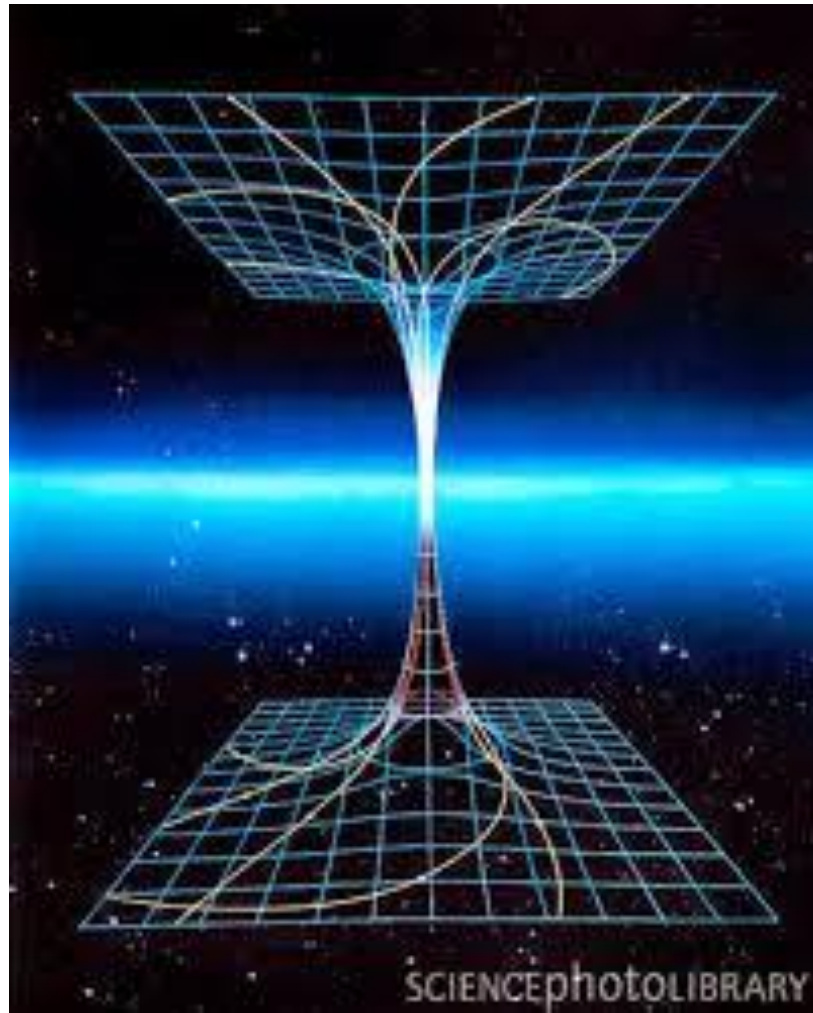
Per capire i buchi neri:
gravita' quantistica!



La “guerra” dei buchi neri
cosa accade all’informazione?
Hawking e Preskill (la scommessa)



La “guerra” dei buchi neri
cosa accade all’informazione?
Hawking e Preskill (la scommessa)

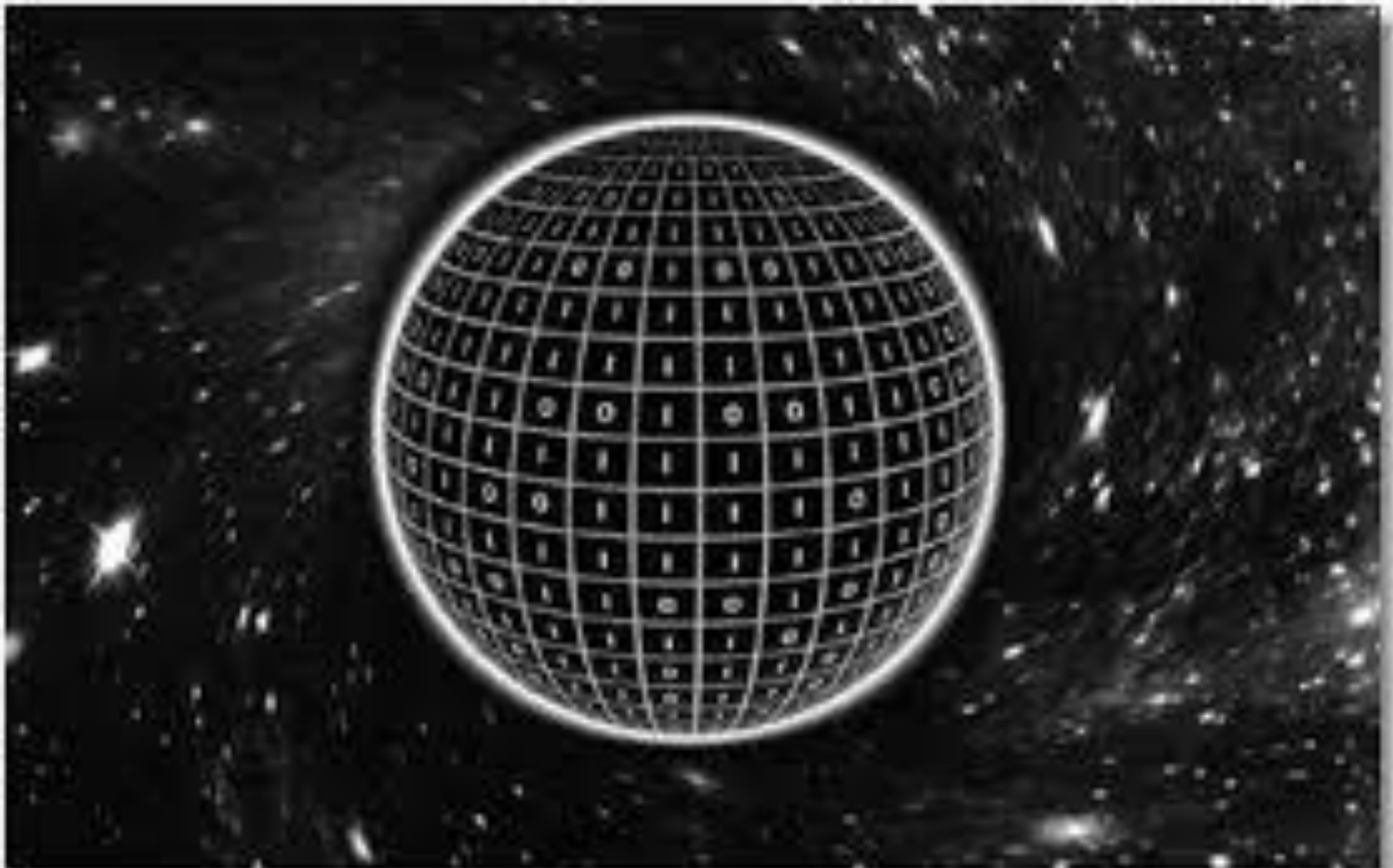


La “guerra” dei buchi neri
l’informazione – entropia di un
buco nero

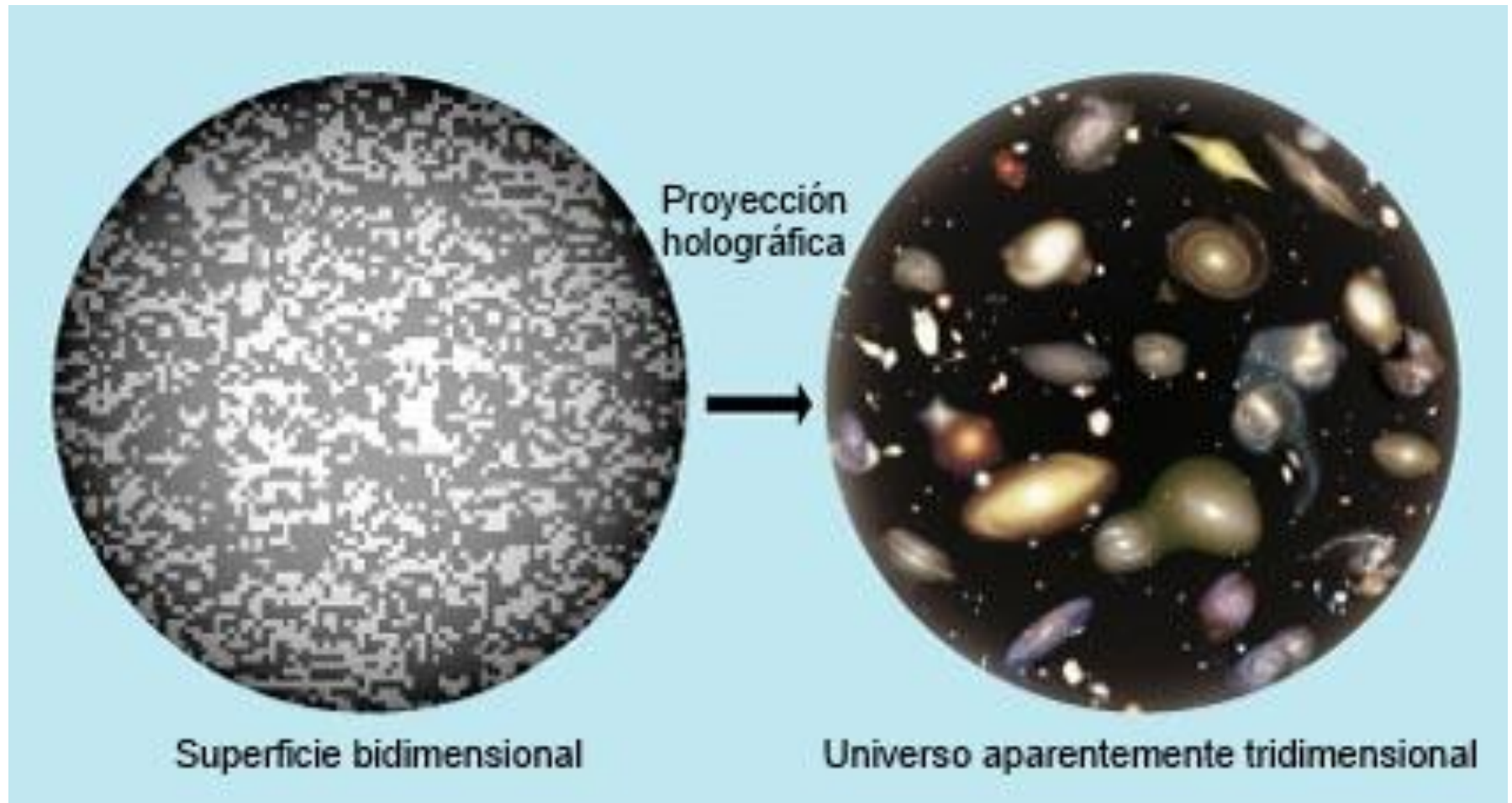
Bekenstein - Hawking:

$$S = \frac{\pi A k c^3}{2 h G}$$

Informazione di un buco nero: Principio olografico

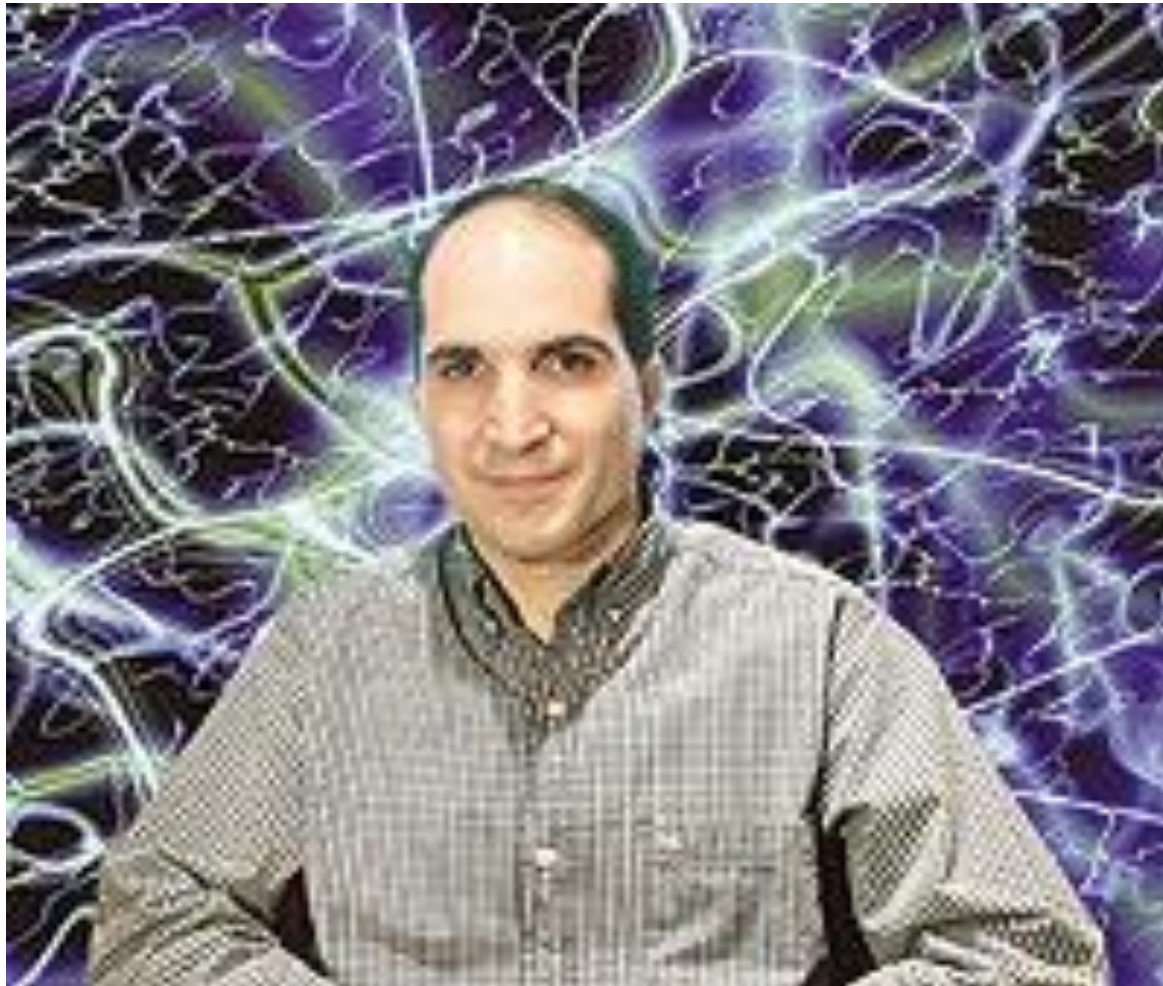


Informazione di un buco nero: Principio olografico

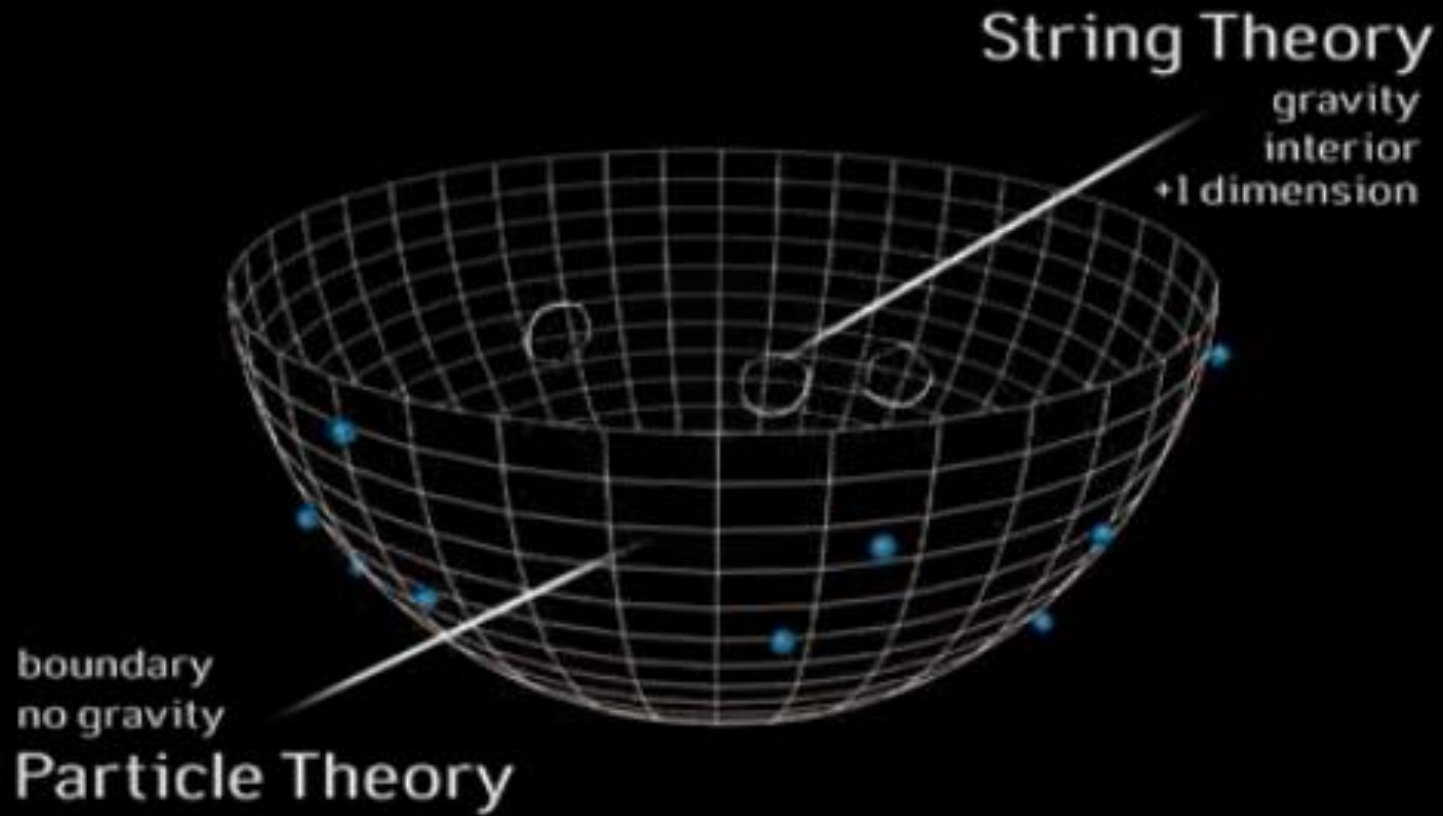


La “guerra” dei buchi neri
cosa accade all’informazione?

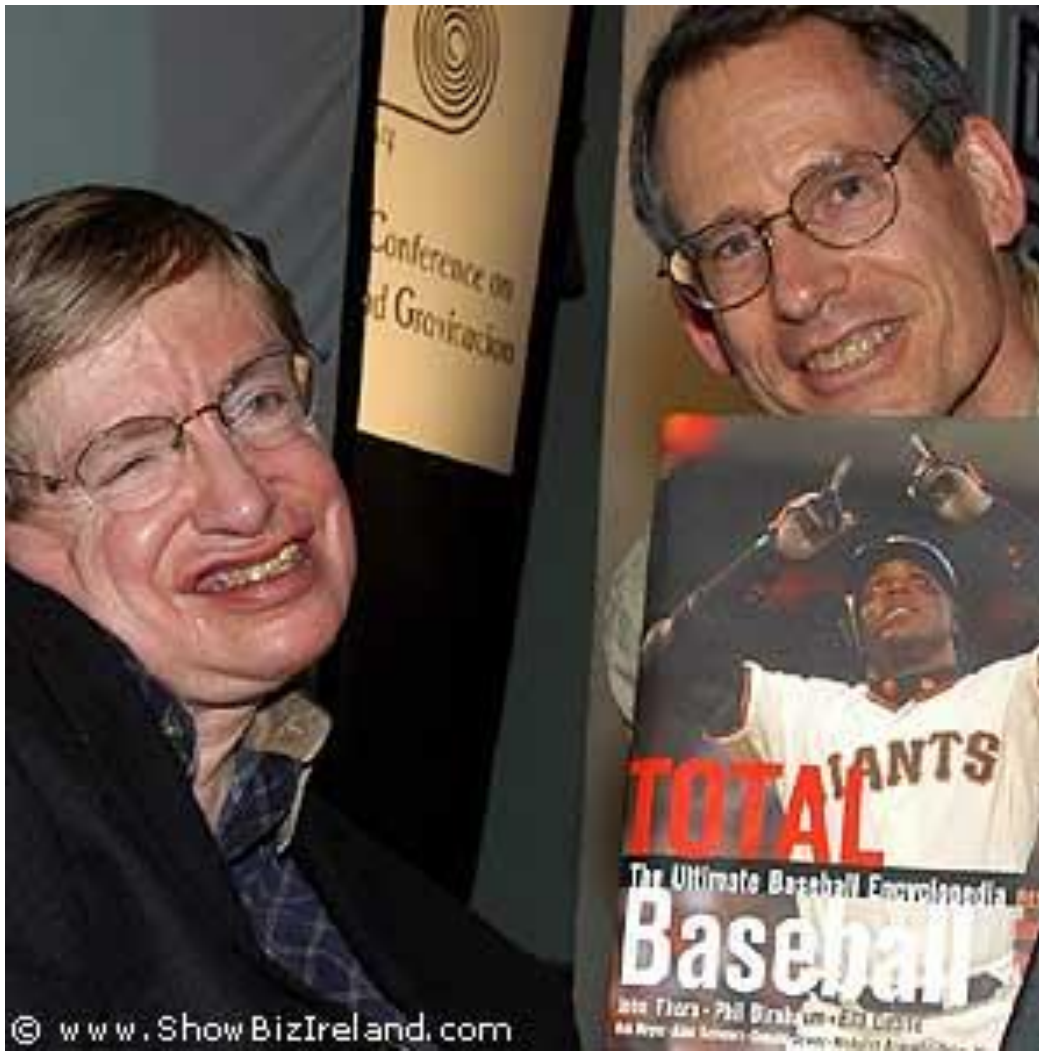
Maldacena



Le teorie duali Maldacena



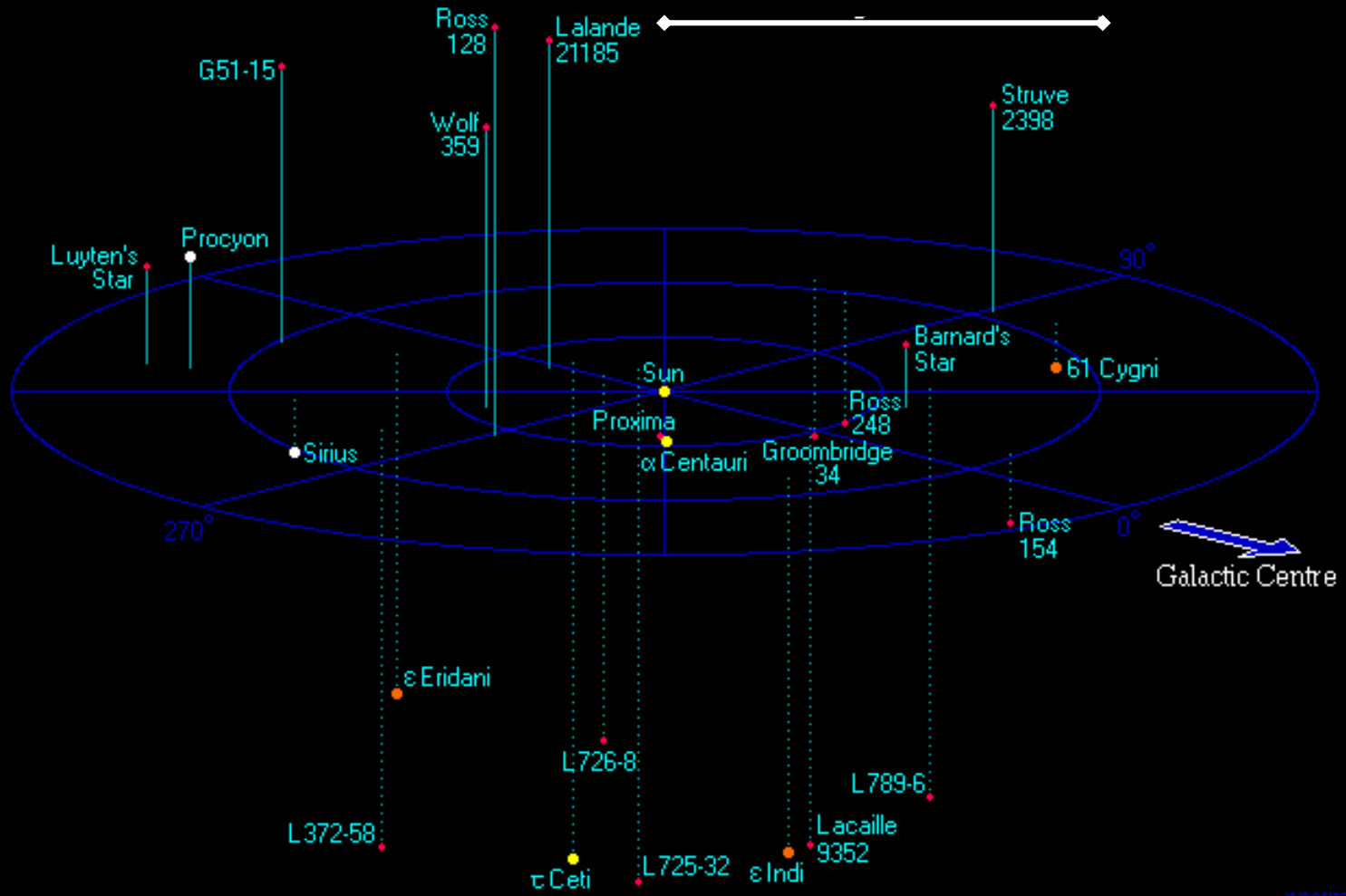
La “guerra” dei buchi neri cosa accade all’informazione? Hawking e Preskill (la scommessa)



Viaggi interstellati?

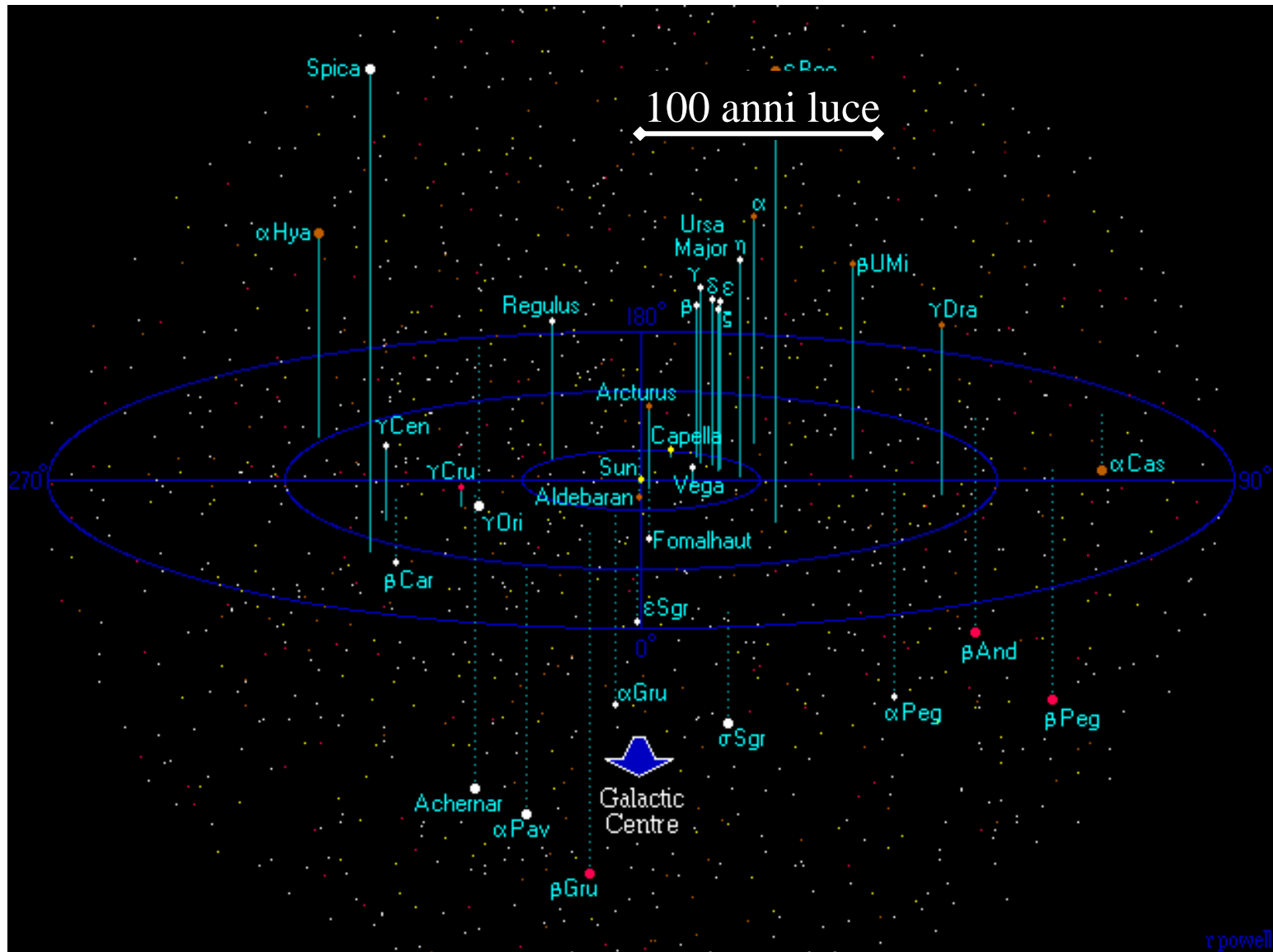


10 anni luce



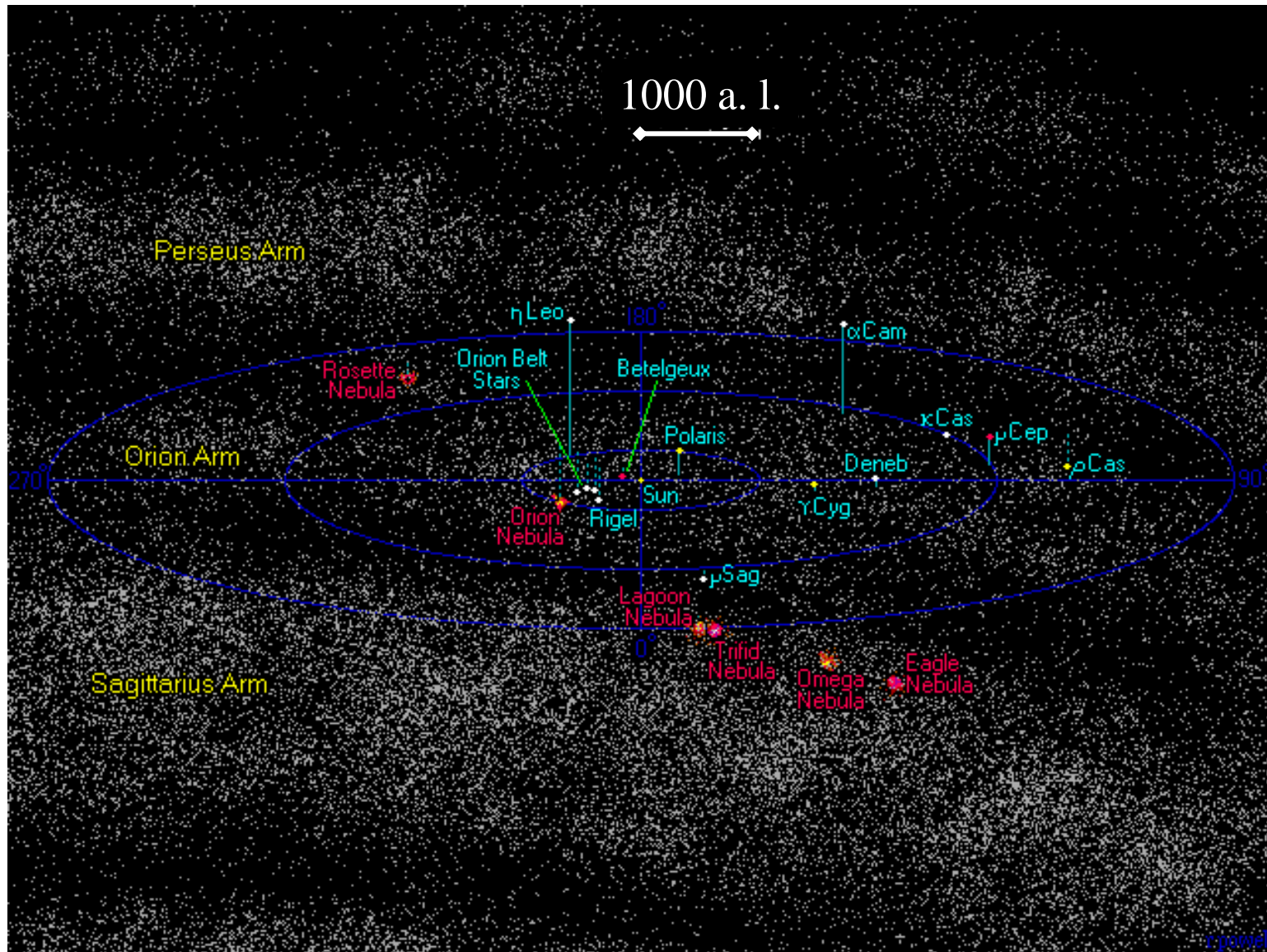
r powell





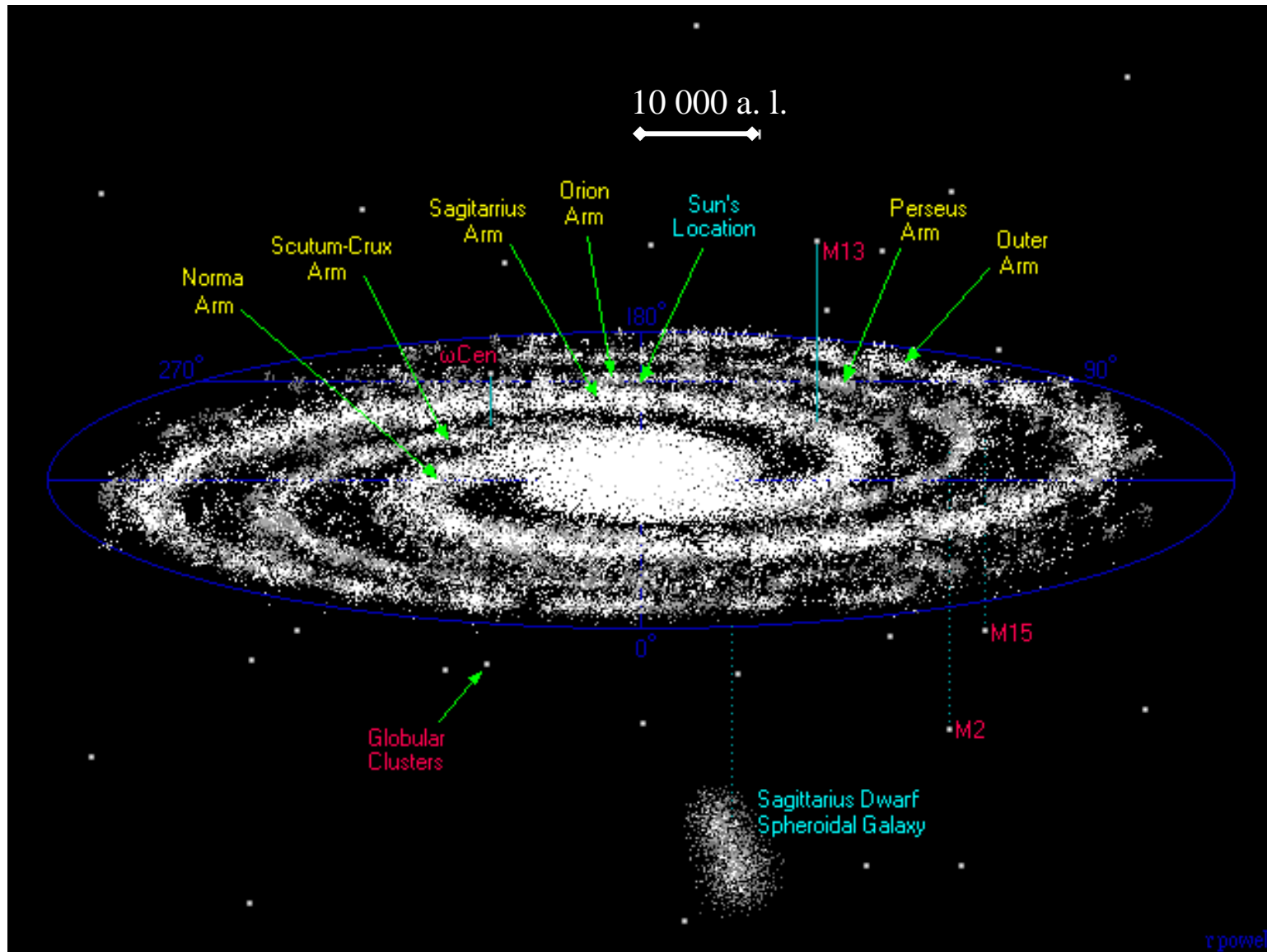
Zoom In x20

Zoom In x20



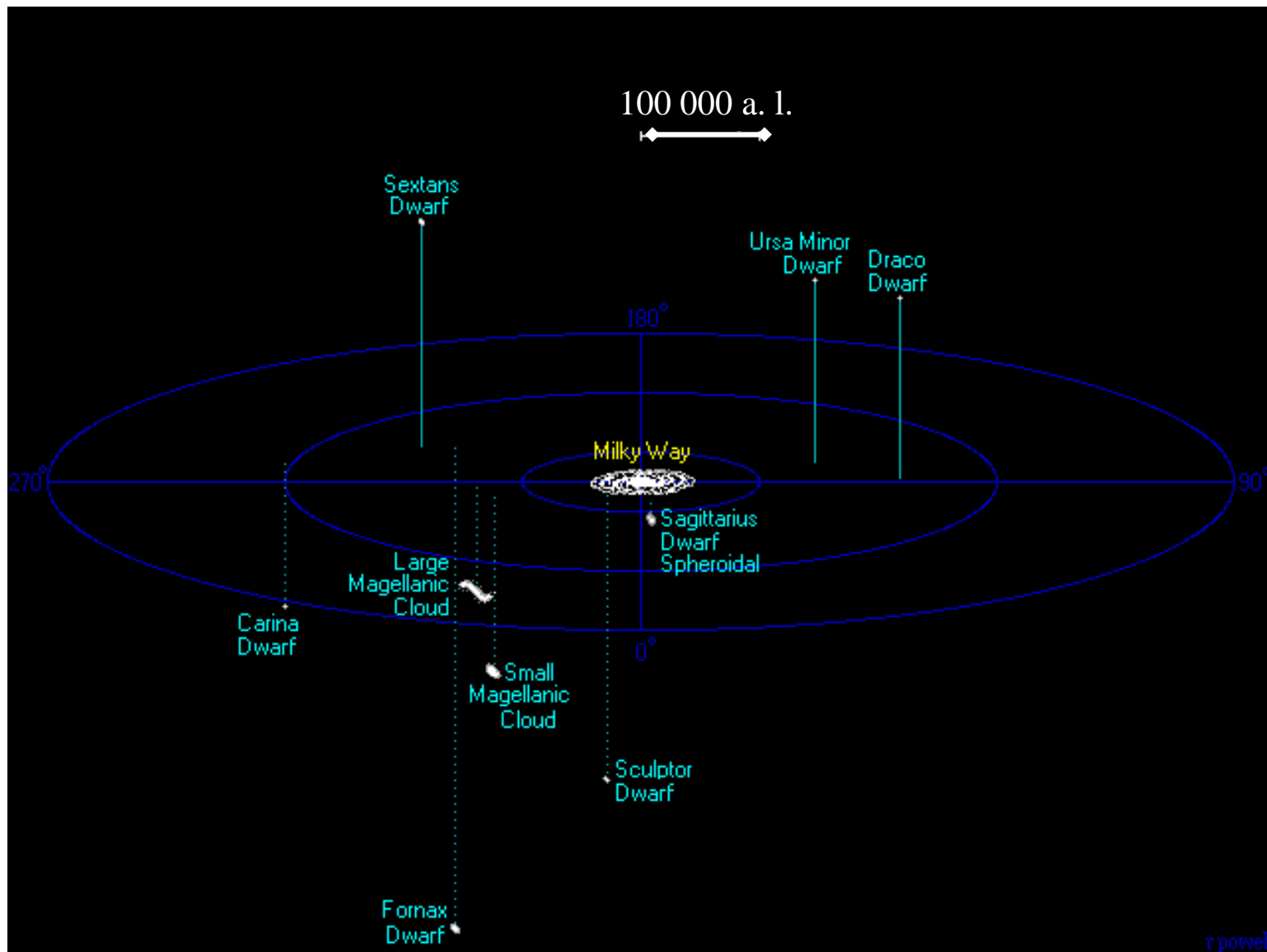
Zoom In x20

Zoom Out x10



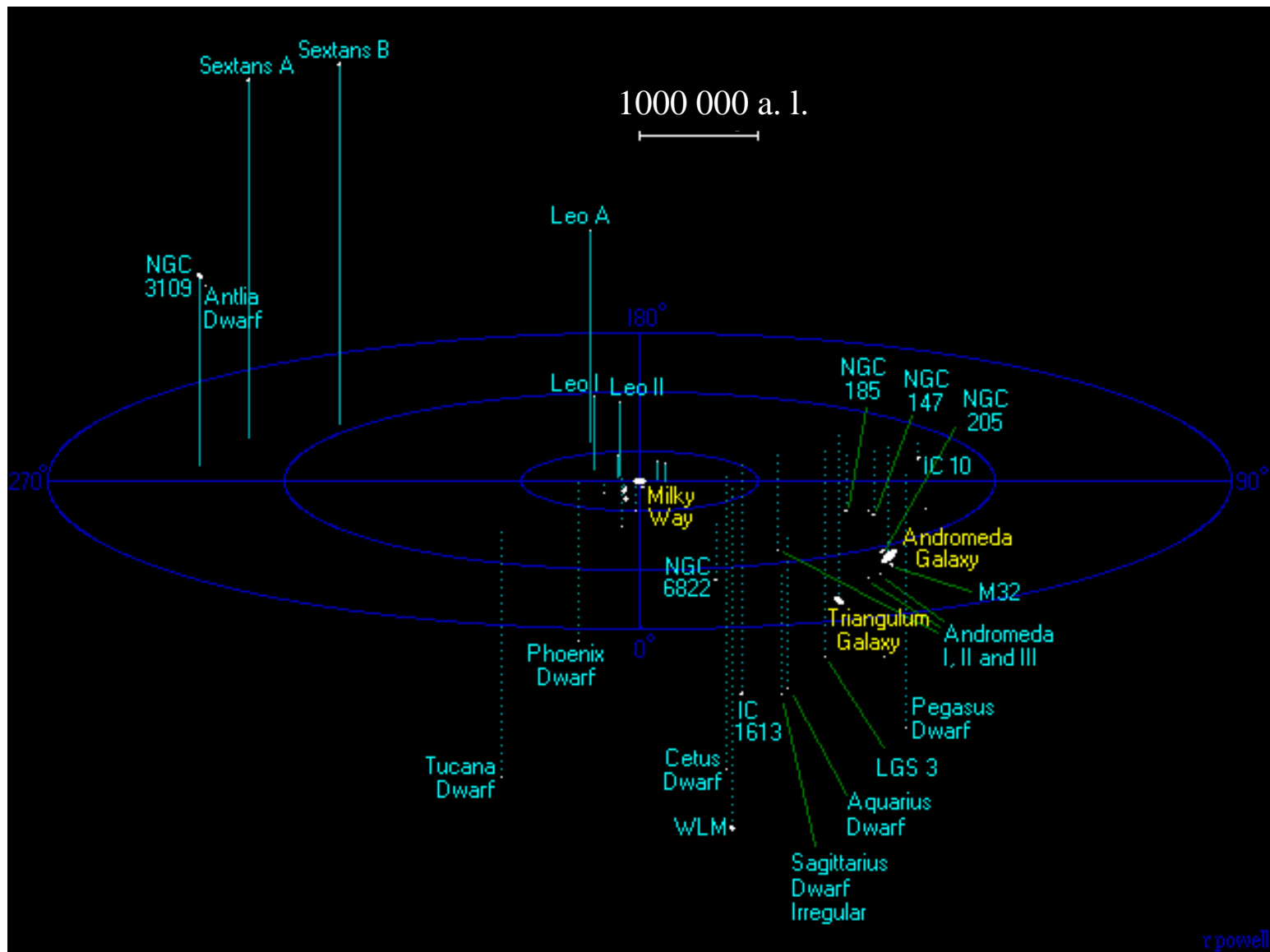
Zoom In x10

Zoom Out x10



Zoom In x10

Zoom Out x10

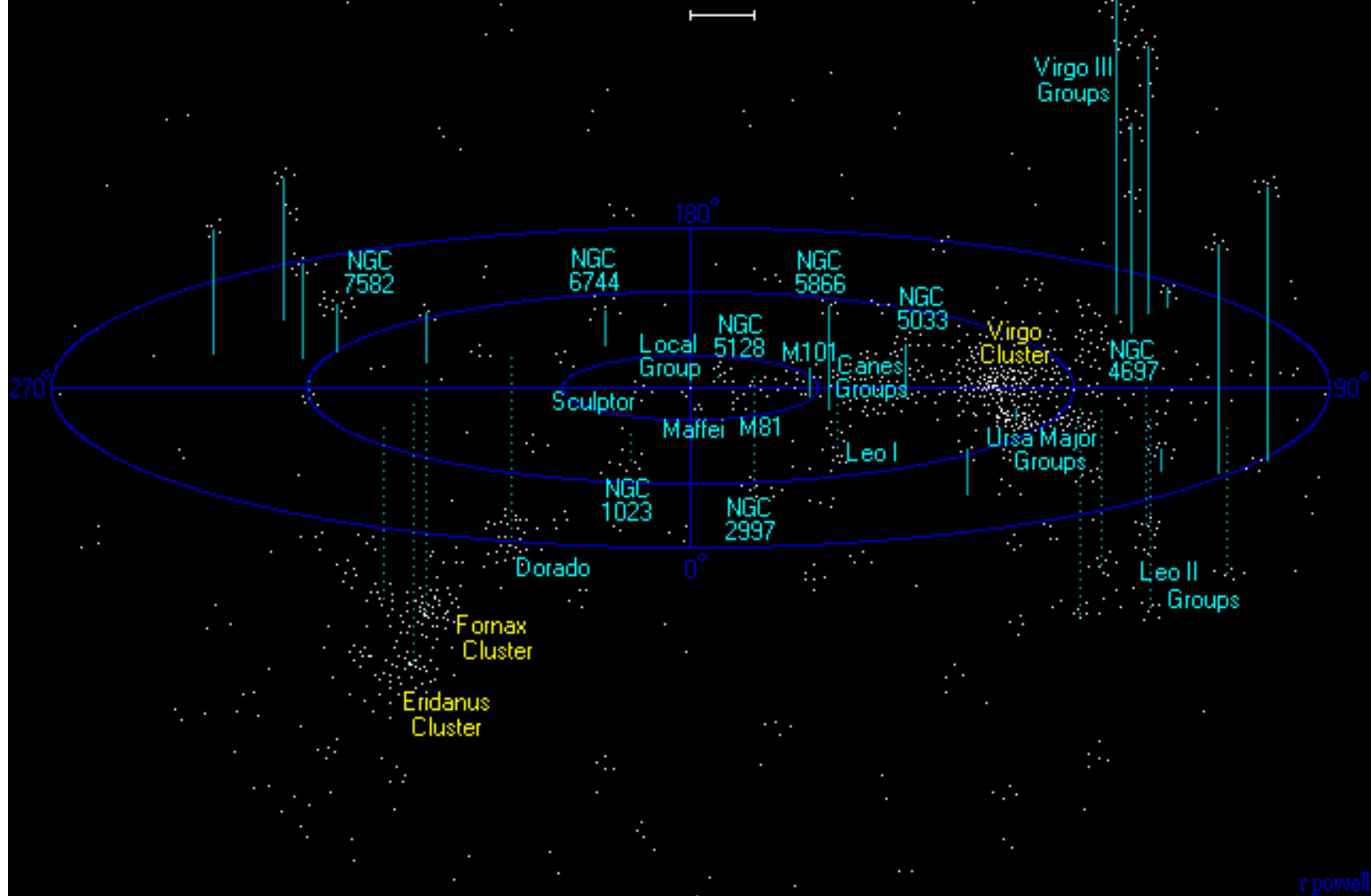


r powell

Zoom In x10

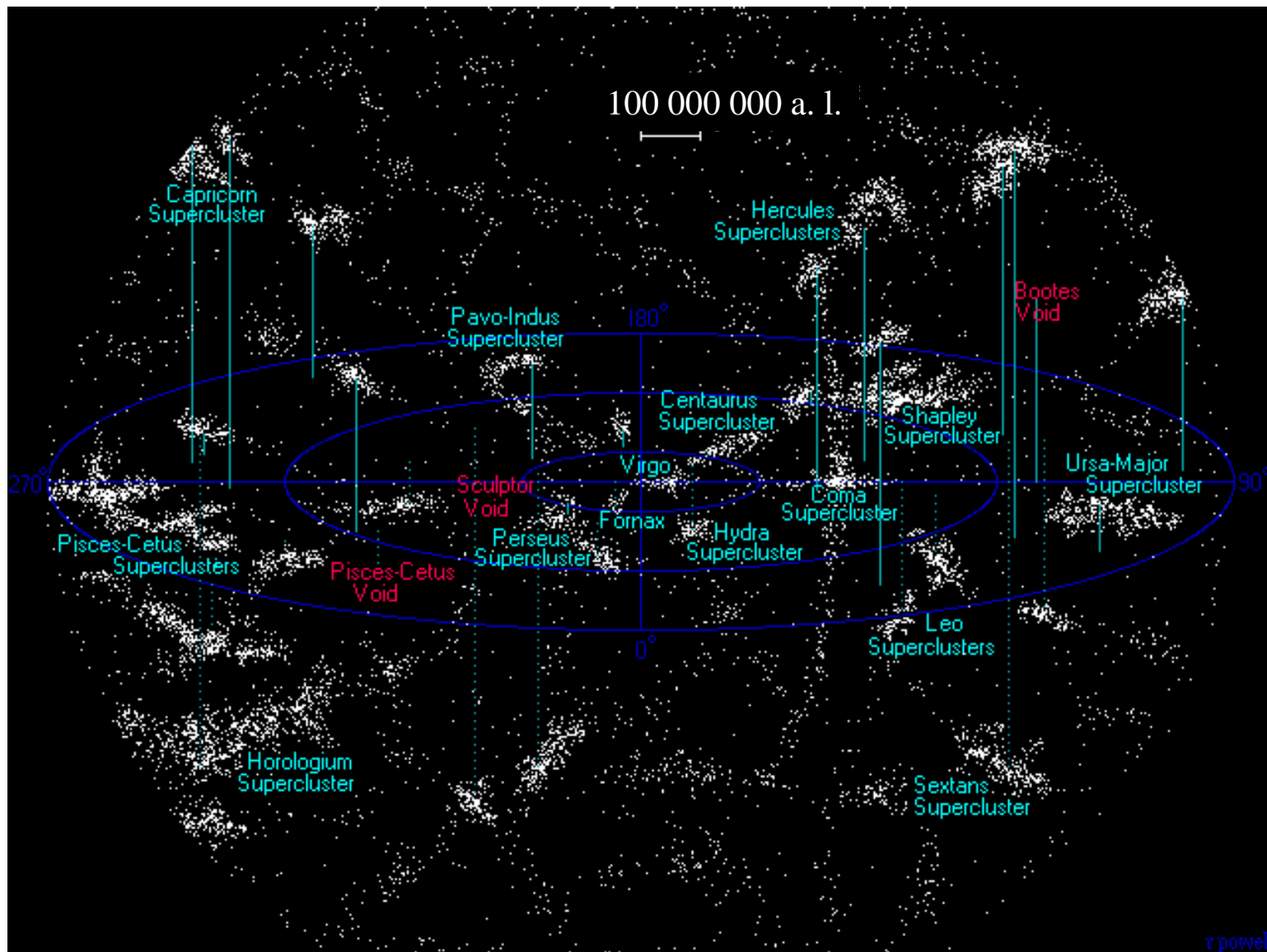
Zoom Out x20

10 000 000 a. l.



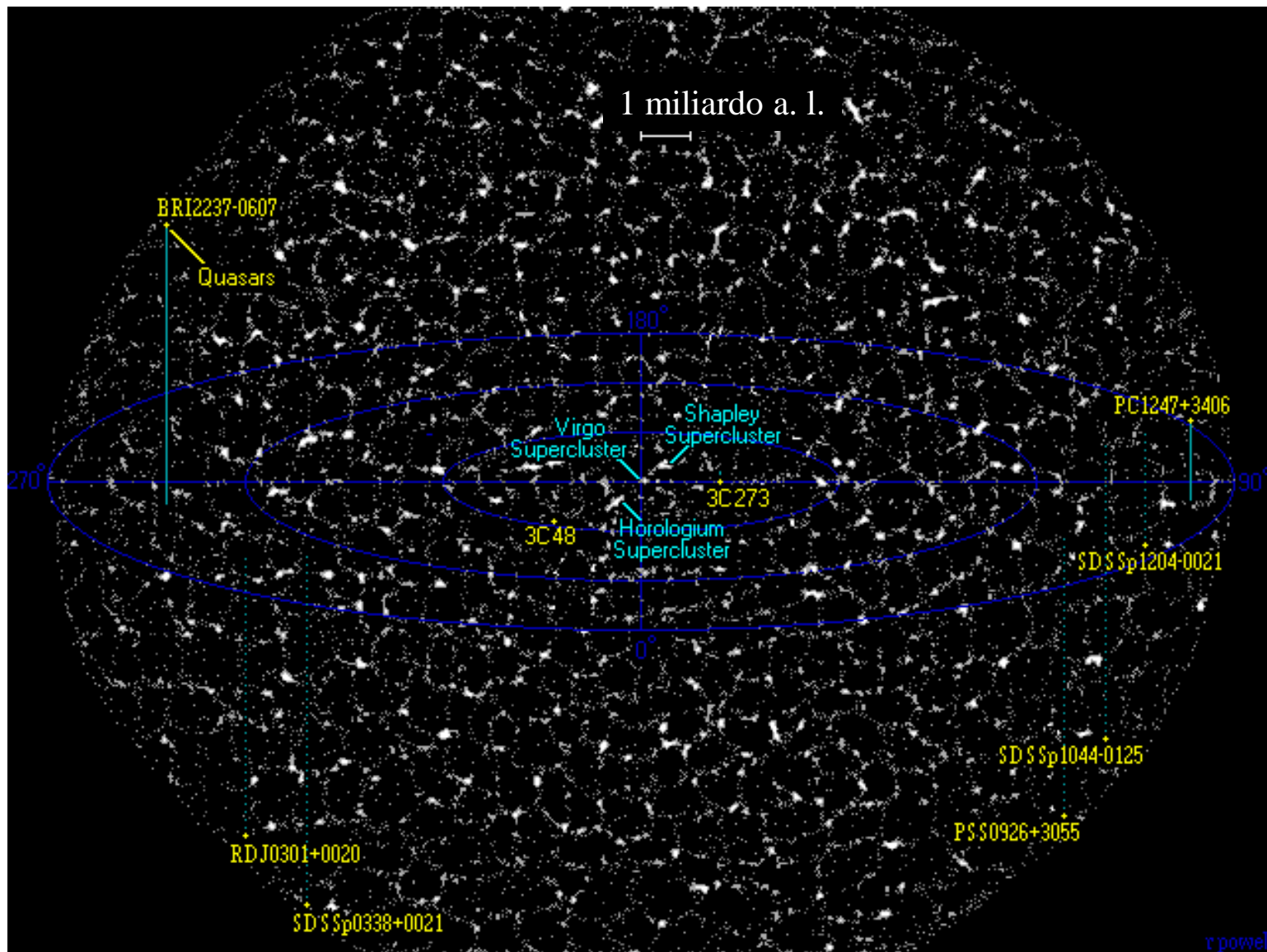
Zoom In x20

Zoom Out x10



Zoom In x10

Zoom Out x15

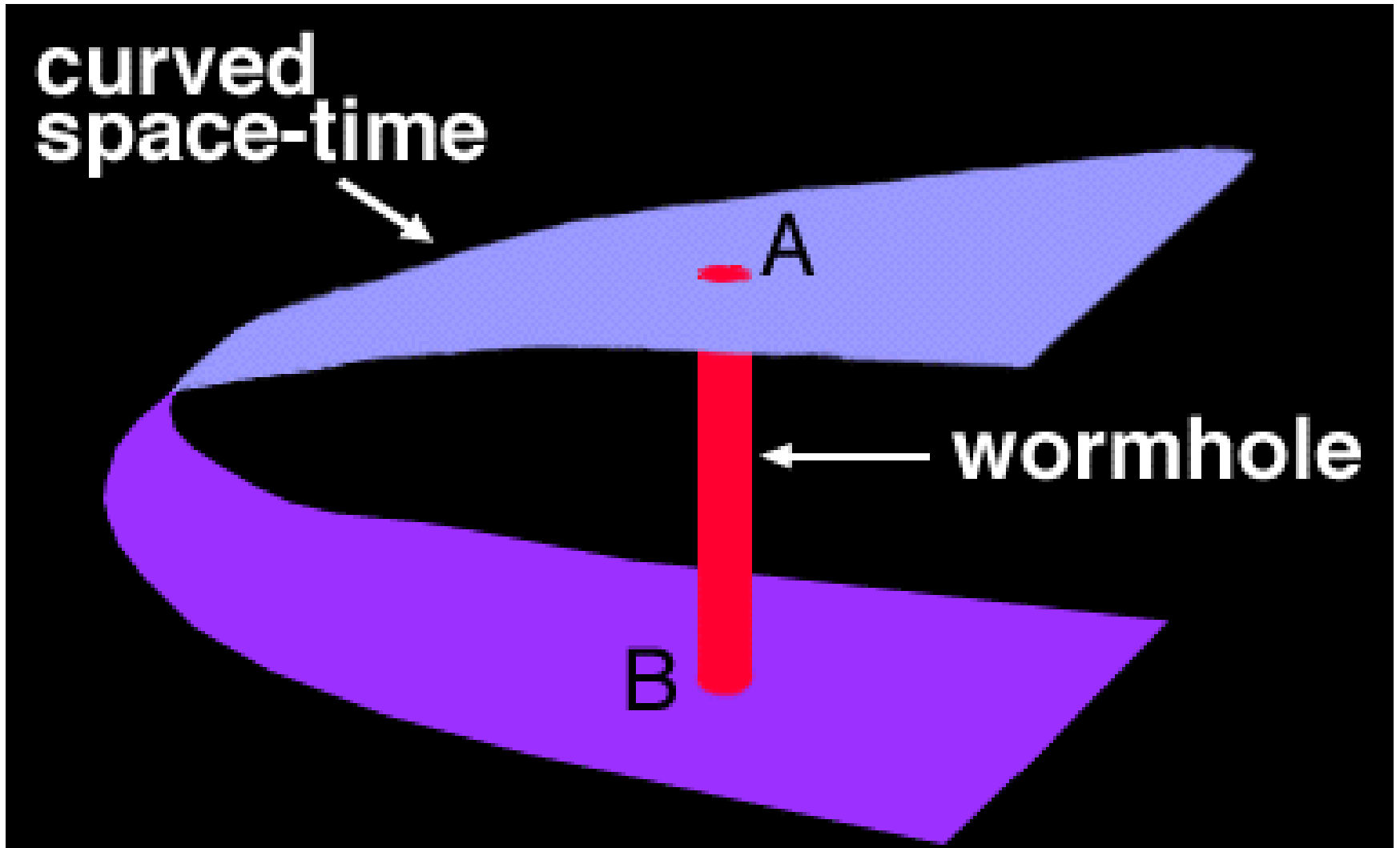


Zoom In x15

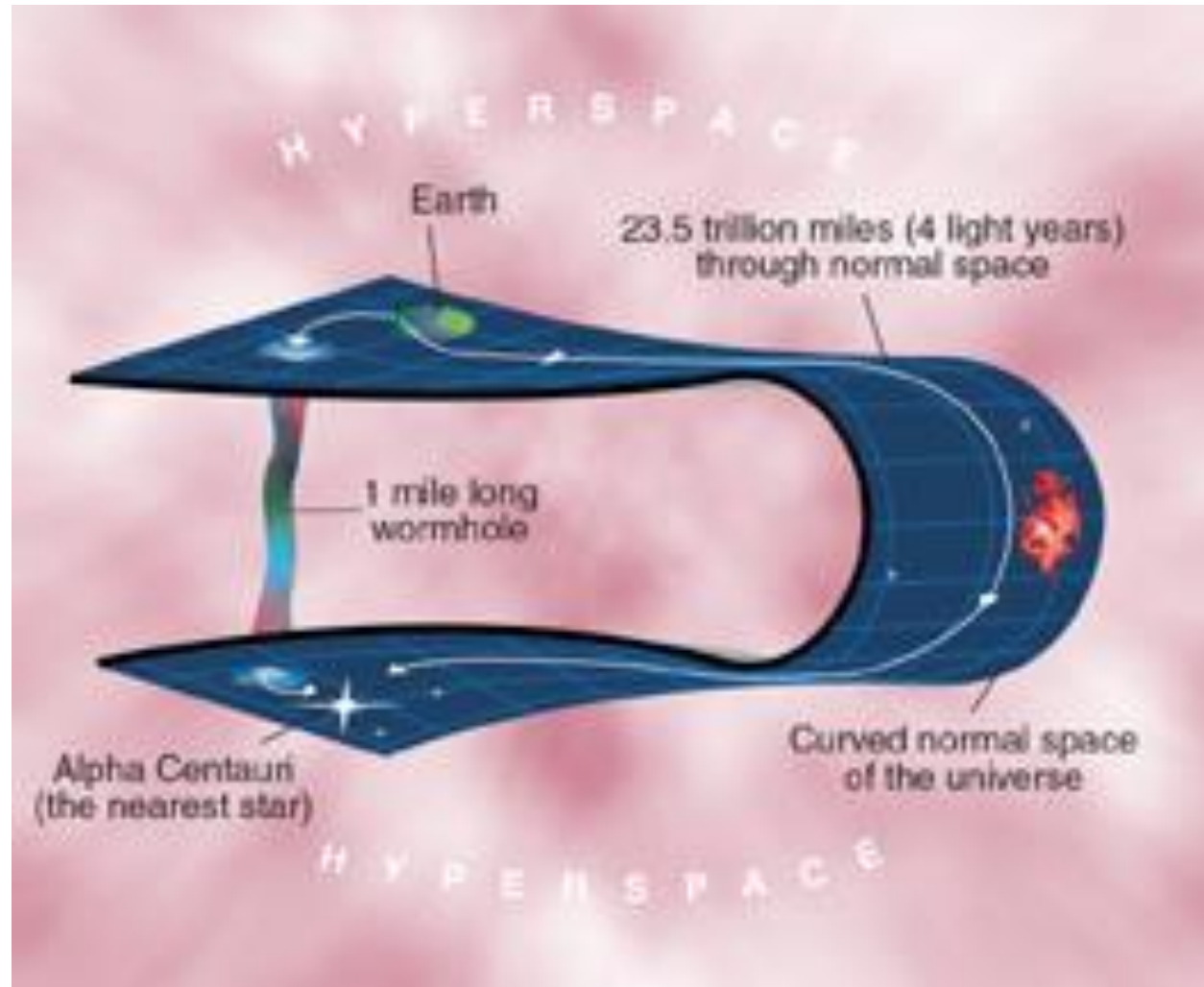
**Metodi standard (Saturn)
decine di migliaia di anni
per arrivare alla stella piu' vicina
(4 anni luce)**



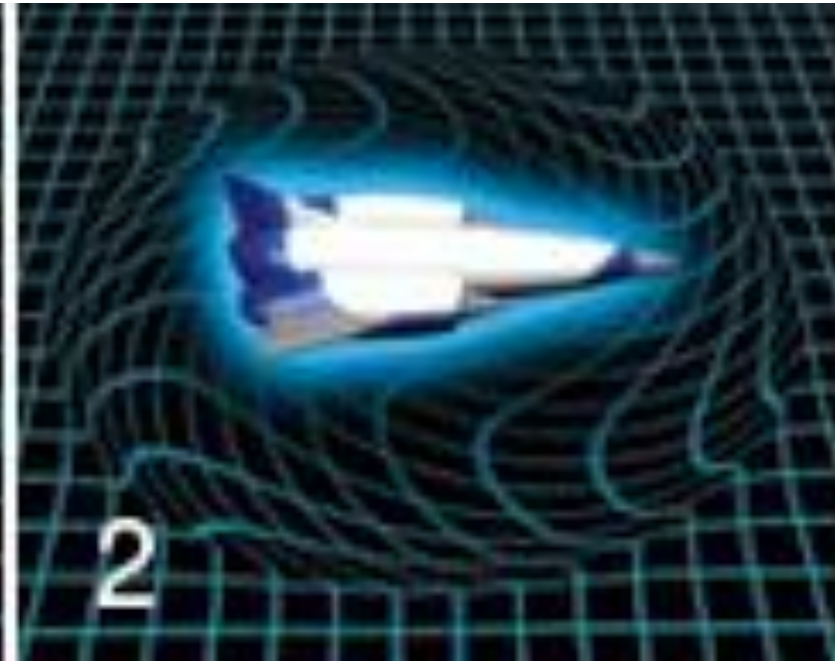
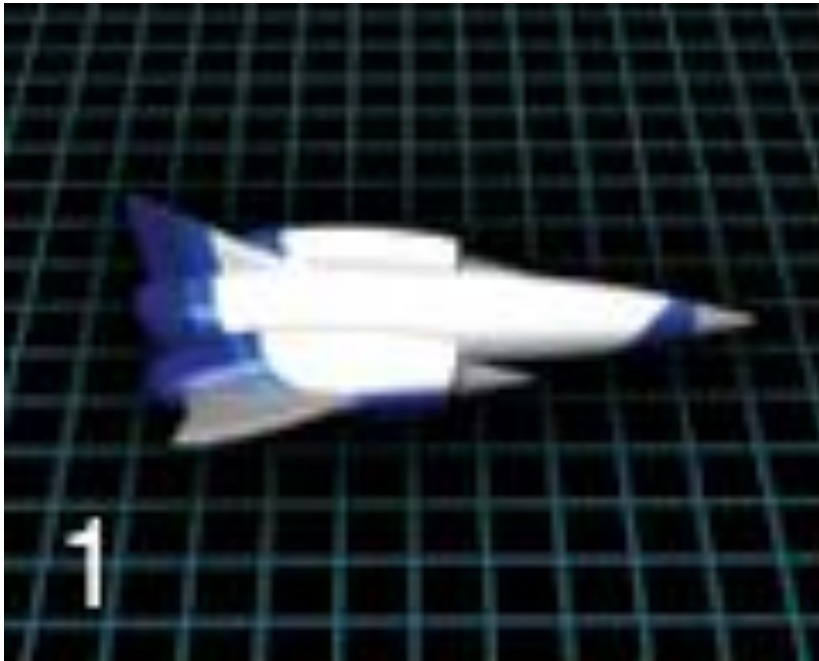
Scorciatoie spazio-temporali



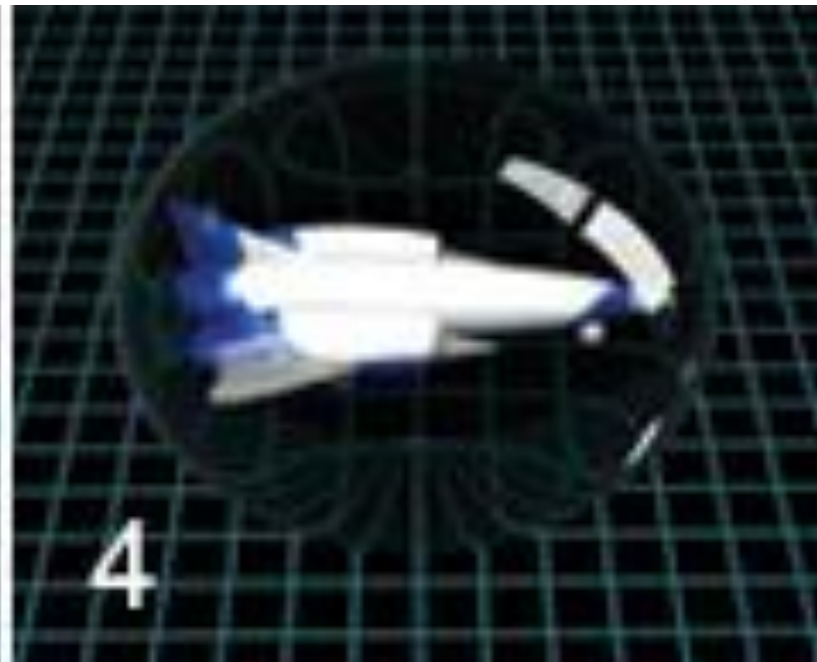
Scorciatoie spazio-temporali



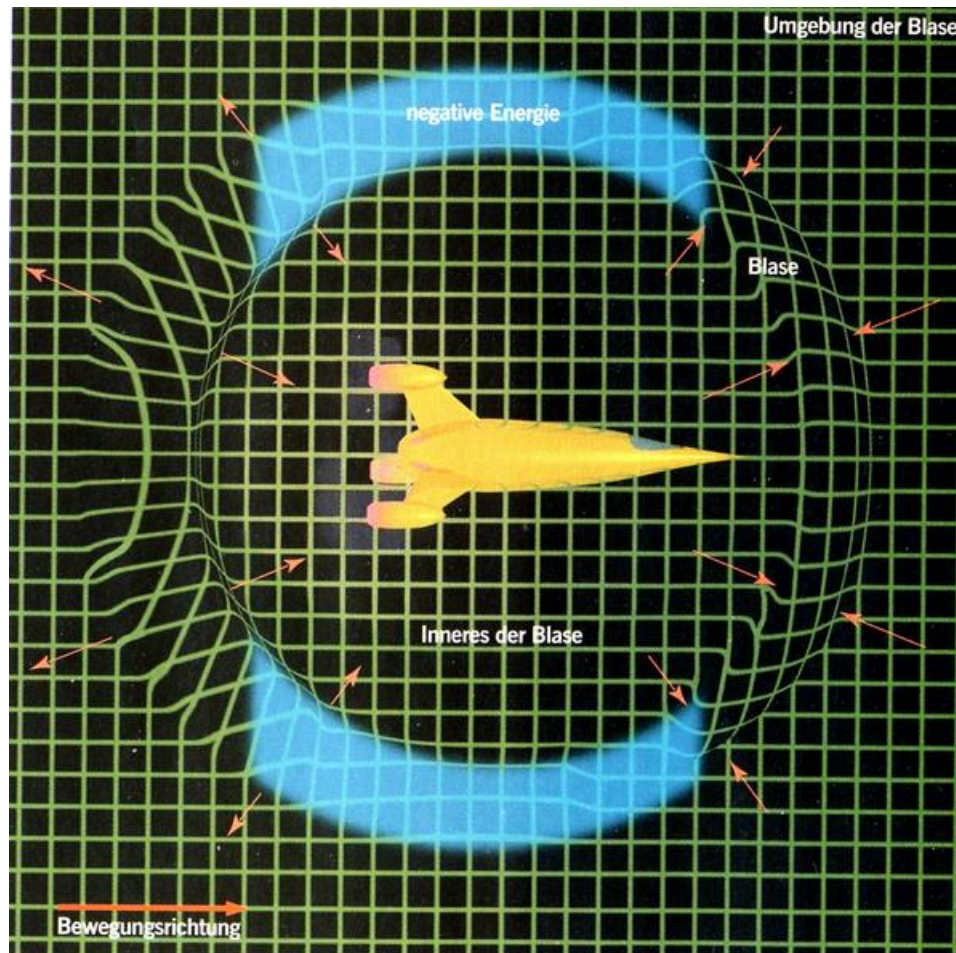
Motori che manipolano lo spazio-tempo



Motori che manipolano lo spazio-tempo



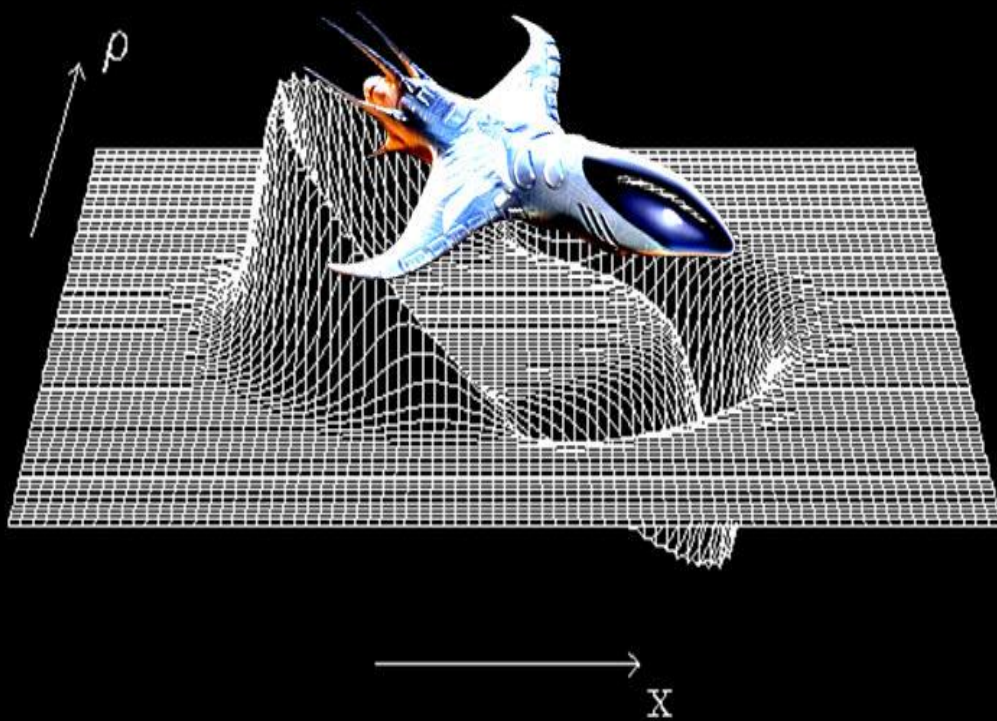
Motori che manipolano lo spazio-tempo: Alcubierre – surf sulle onde spazio-temporali





Alcubierre Warp Drive

$$\psi = -\alpha \text{Tr}(K)$$



Alcubierre Warp Drive: stretches spacetime in a wave causing the fabric of space ahead of a spacecraft to contract and the space behind it to expand.

The ship can ride the wave to accelerate to high speeds and time travel.

Lanciarsi in un buco nero?







Lanciarsi in un buco nero?

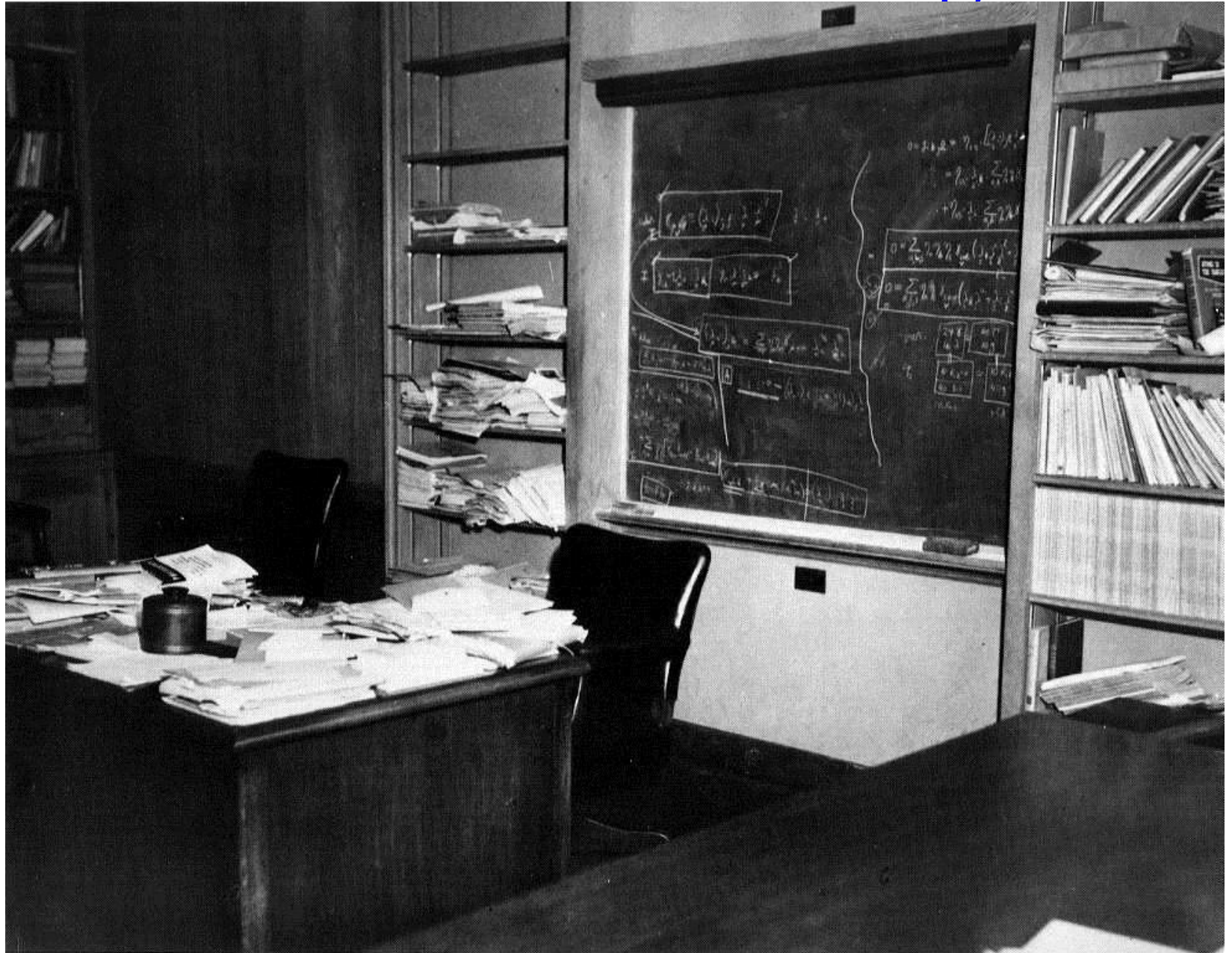


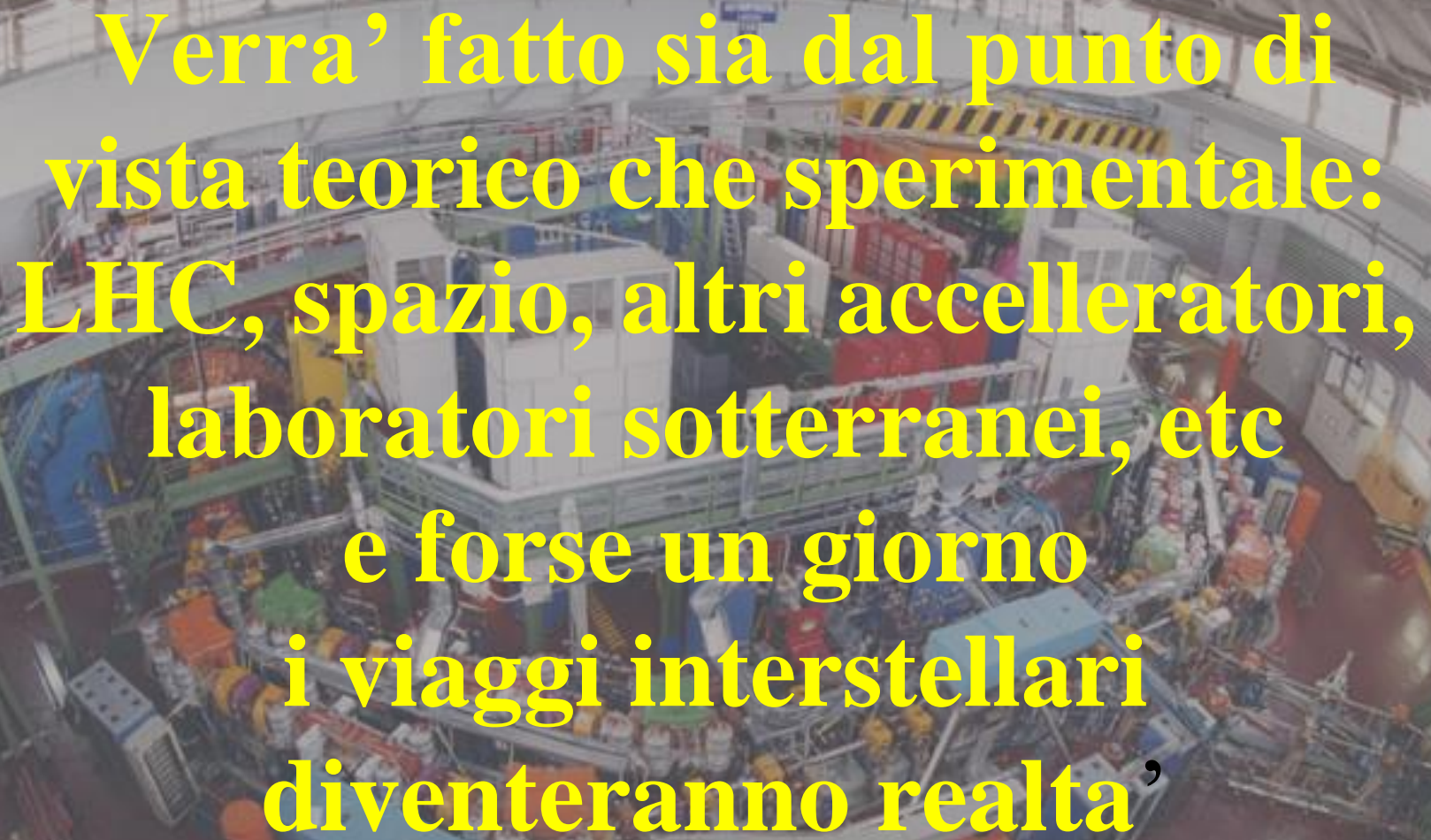


Serve capire meglio la struttura
dello spazio-tempo e la
gravita' quantistica
(ci sono alcune teorie: teoria delle
stringhe; loop quantum gravity...)

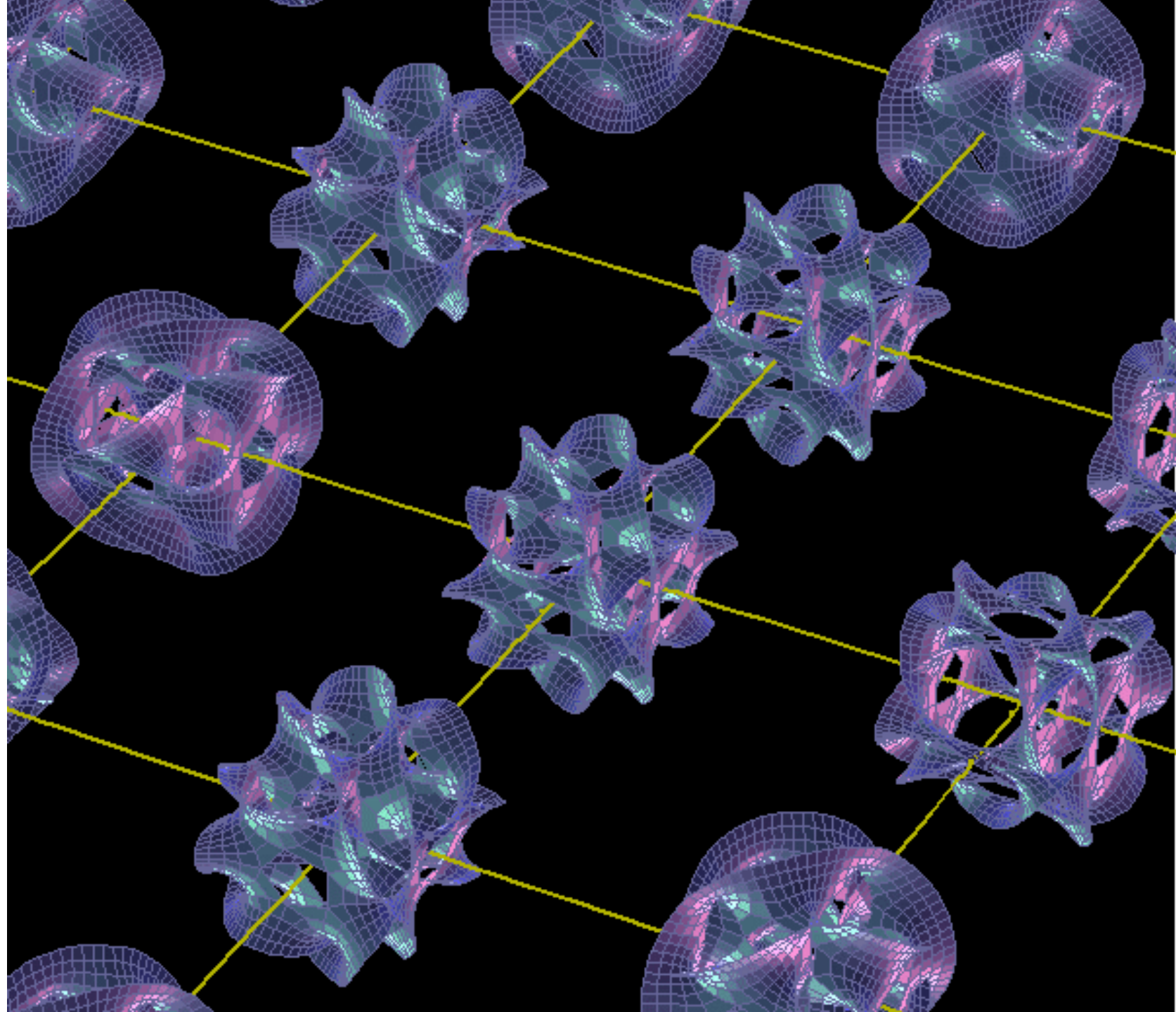


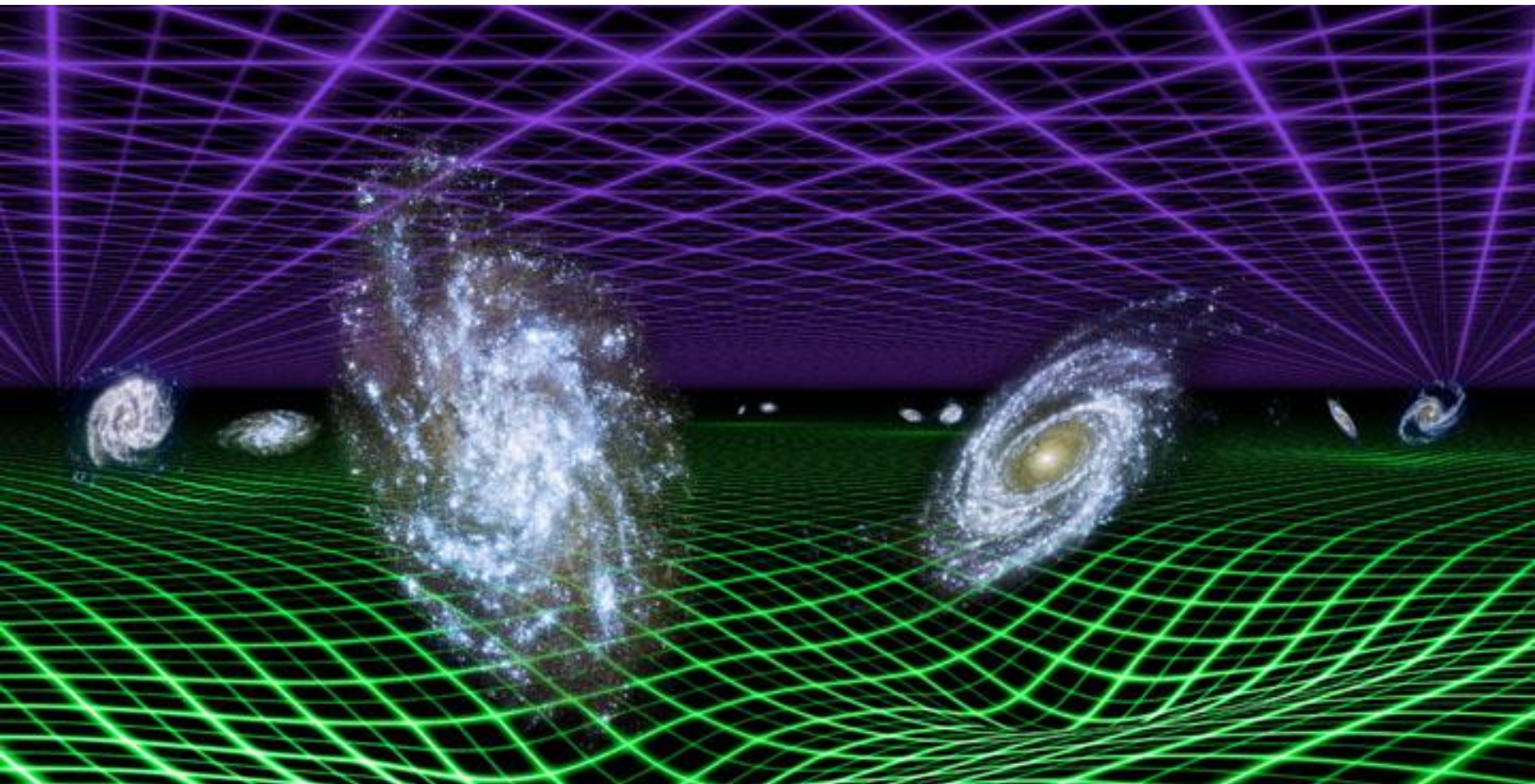
Einstein – l'ultima lavagna





**Verra' fatto sia dal punto di
vista teorico che sperimentale:
LHC, spazio, altri acceleratori,
laboratori sotterranei, etc
e forse un giorno
i viaggi interstellari
diventeranno realta',**







Margherita Hack

Tutte le sere, quando si apre il sipario della notte, nel cielo nero si accendono le stelle e inizia lo spettacolo che da millenni mette in scena storie in cui si muovono eroi dotati di superpoteri, mostri e ibridi da fantascienza, fanciulle più divine che terrestri: tutti impegnati in un repertorio d'amori e d'avventure ai confini della realtà.

Catalina Oana Curceanu

Dai buchi neri all'adroterapia

Un viaggio nella fisica moderna

<http://www.springer.com/physics/applied+%26+technical+physics/book/978-88-470-5240-6>



Nata in Timisoara (Droev, Romania) Catalina Oana Curceanu è Primo Ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Frascati. Dirige un gruppo di ricercatori che lavorano nel campo della fisica sperimentale adronica e nucleare, conducendo esperimenti sia in Italia sia all'estero, e coordina vari progetti europei. Ha organizzato varie conferenze internazionali ed è autrice di più di 200 pubblicazioni scientifiche in riviste internazionali. Svolge un'intensa attività di formazione e divulgazione scientifica e scrive