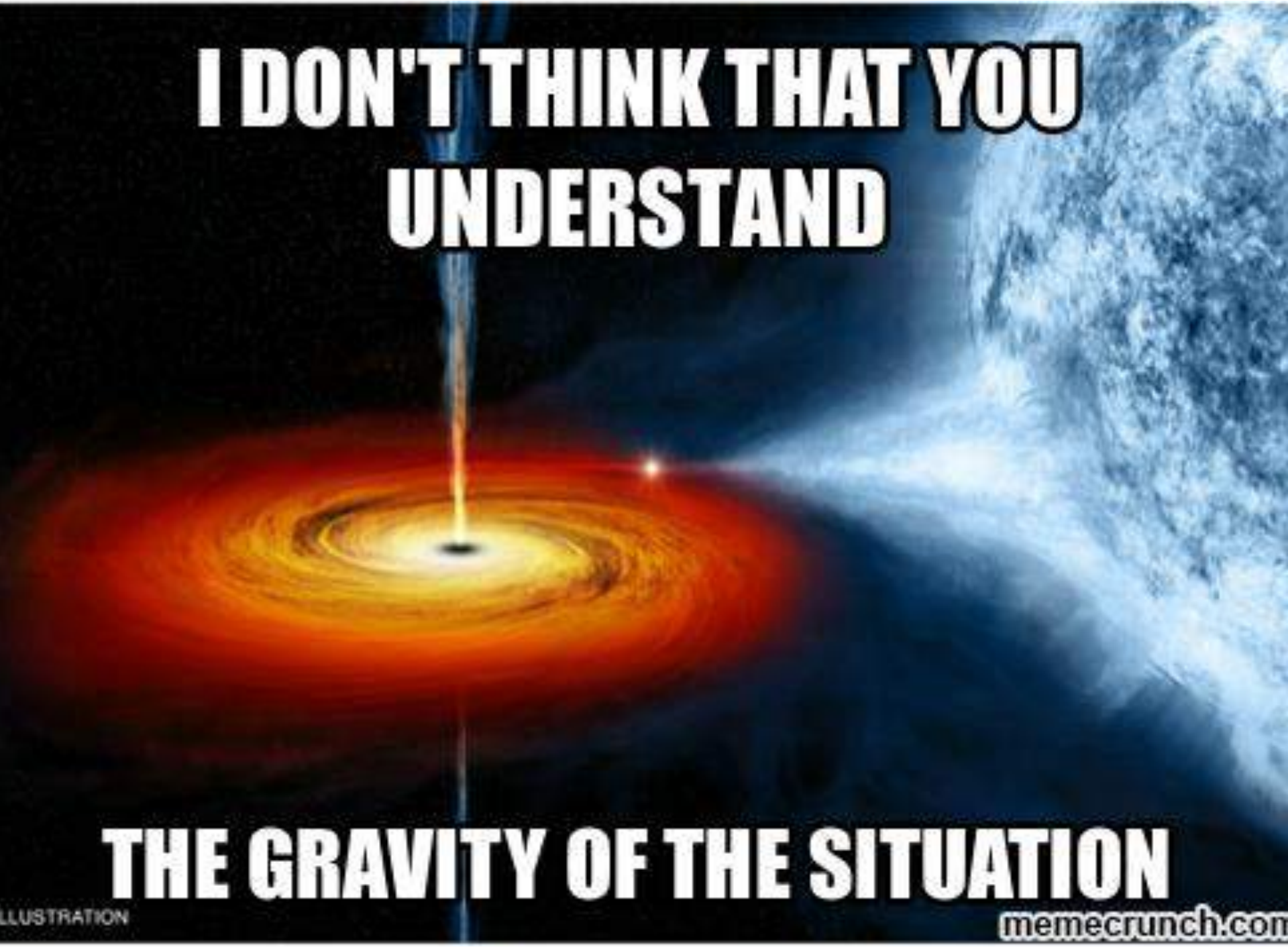
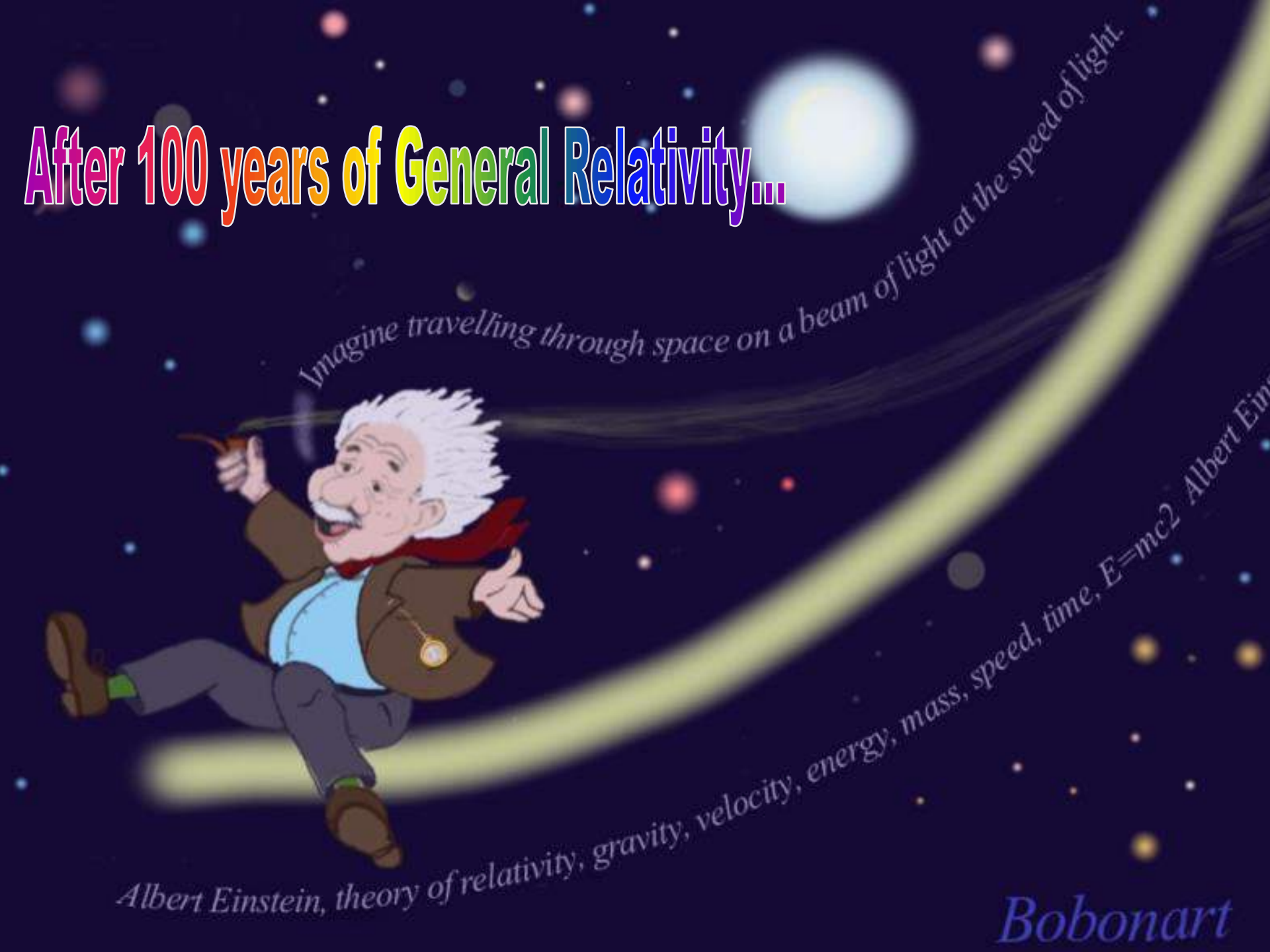
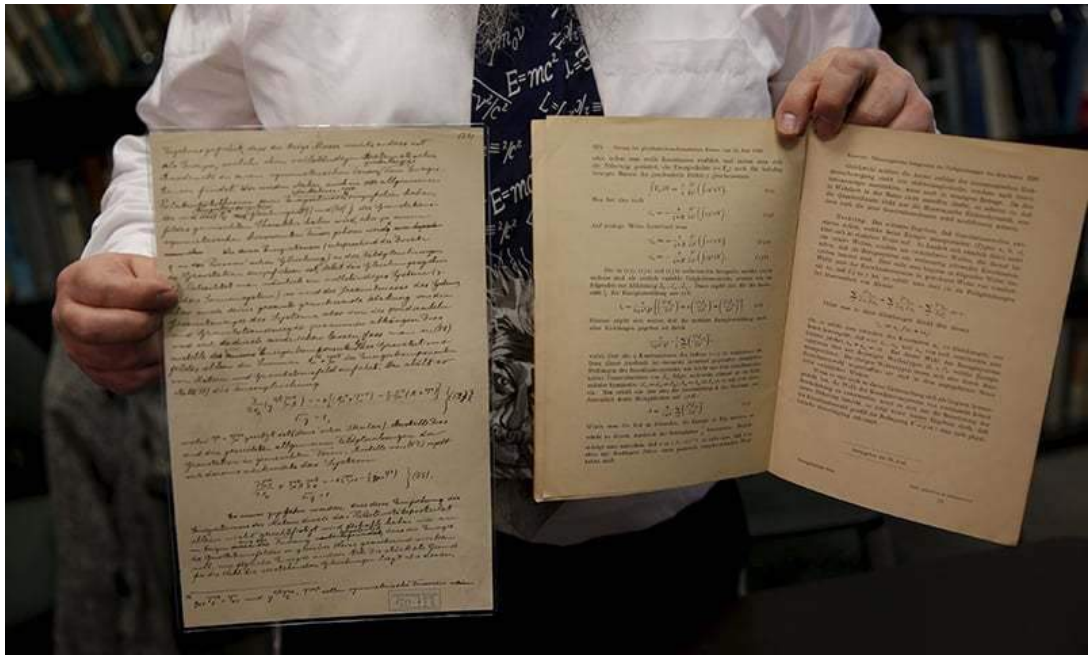

INFN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Laboratori Nazionali di Frascati
John Templeton Foundation
FQXi
Foundational Questions Institute
Centro Fermi
Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi
Oltre le onde gravitazionali
Buchi neri da brivido
Mostri, misteri e scommesse
Catalina Curceanu, LNF-INFN
MENSA Lazio, 30 Aprile 2016

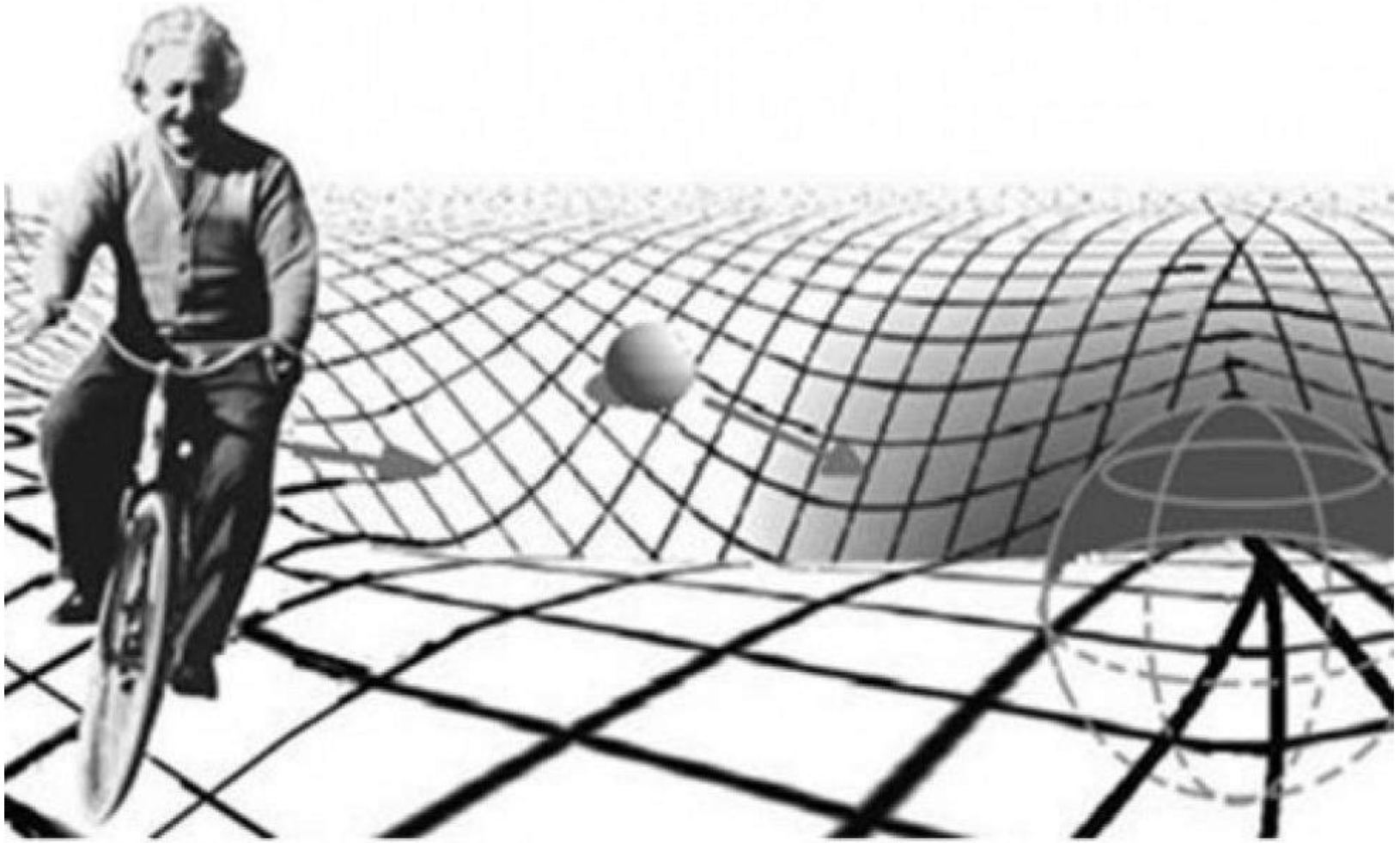

I DON'T THINK THAT YOU UNDERSTAND
THE GRAVITY OF THE SITUATION
LLUSTRATION
memecrunch.com

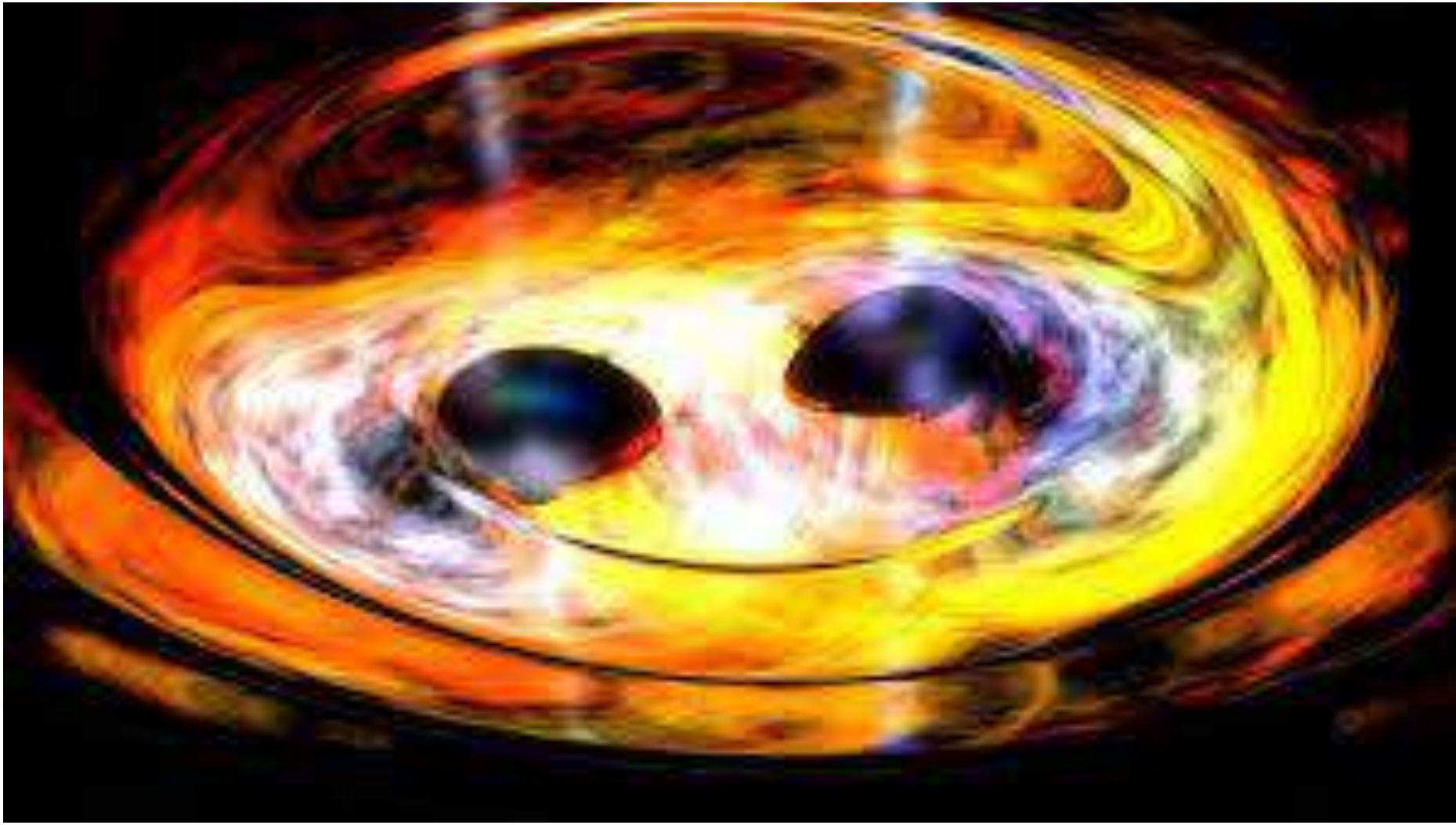
After 100 years of General Relativity...



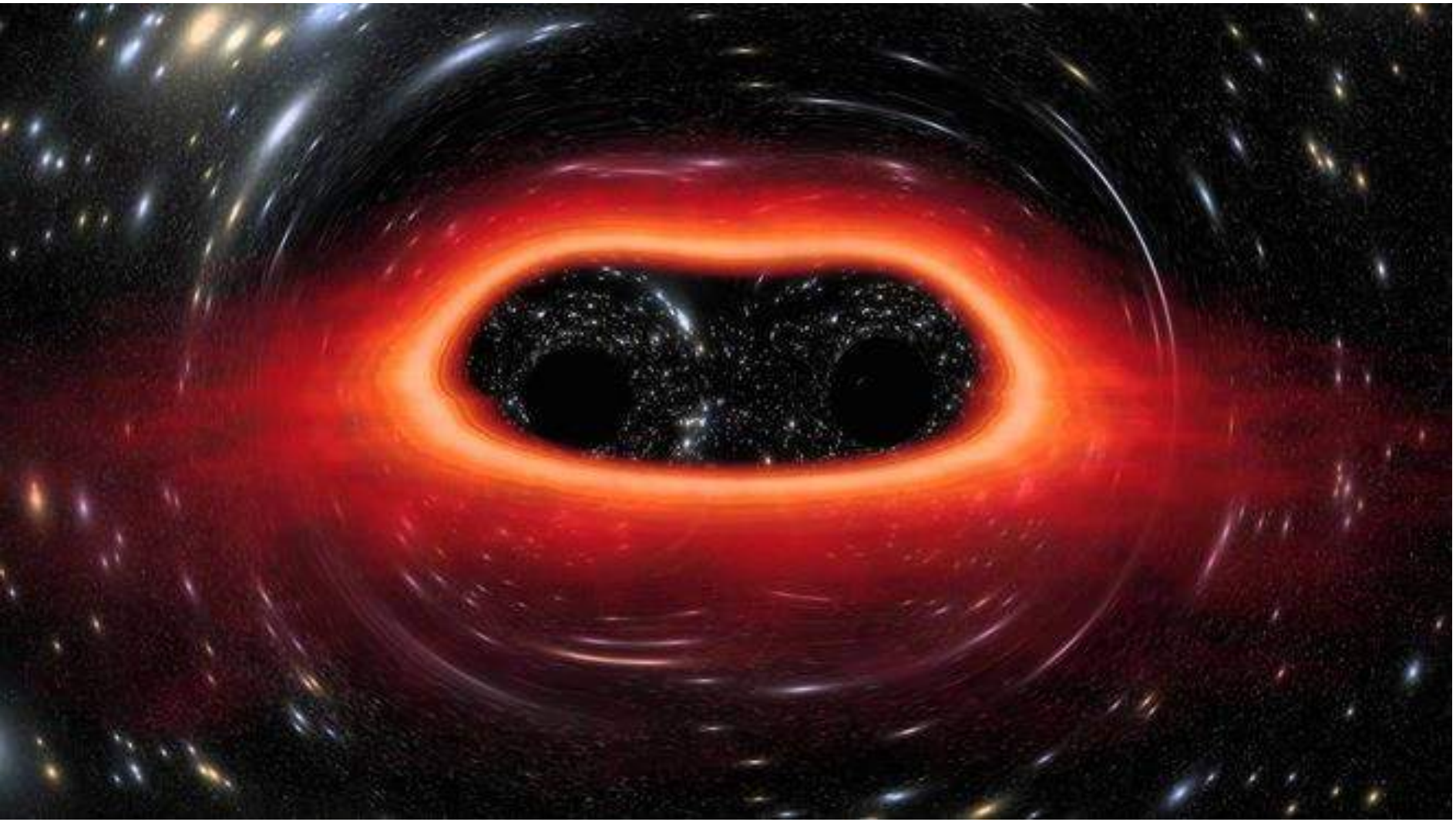
Documenti originali - Einsteins's Archive (Israel)



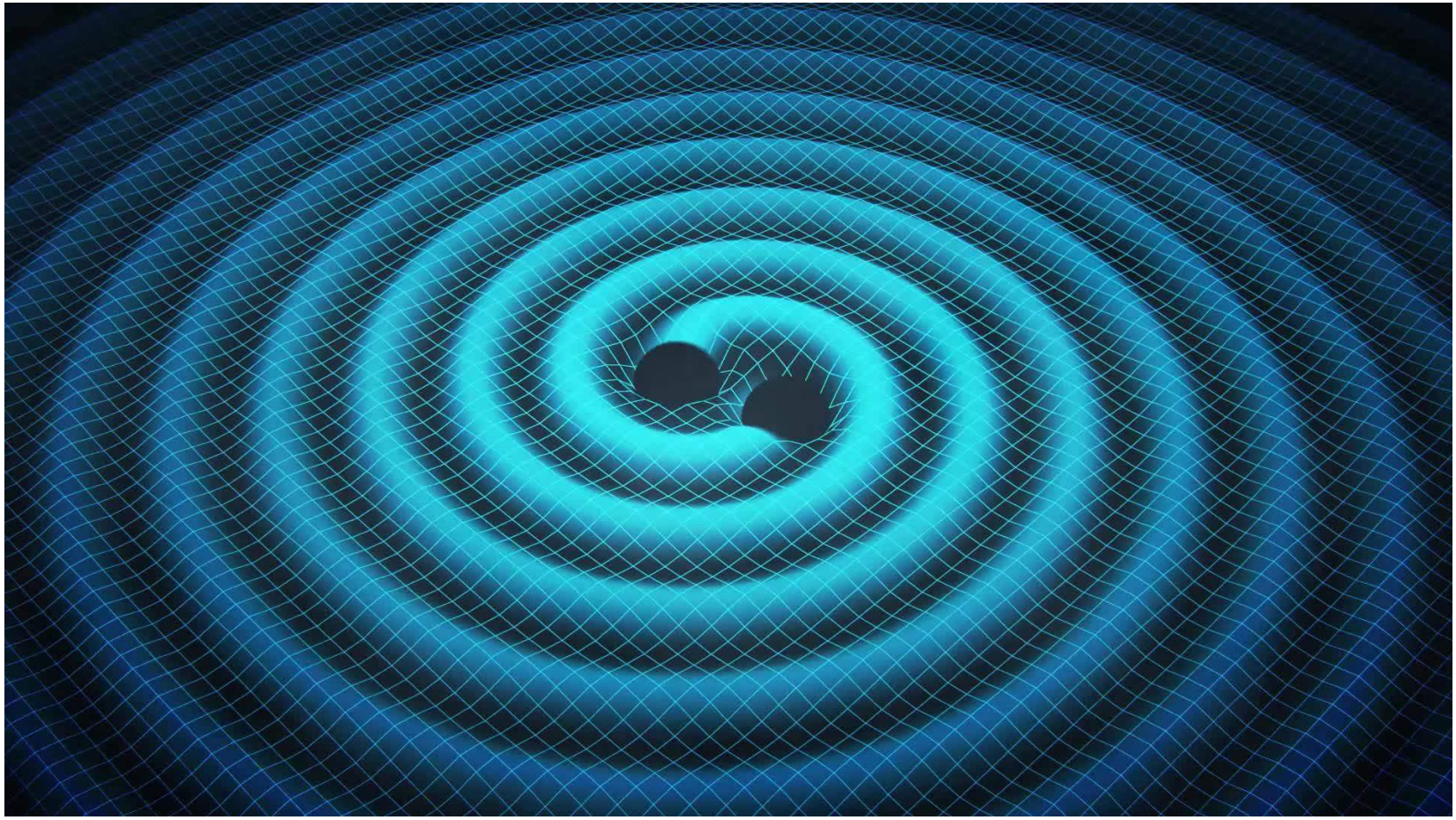


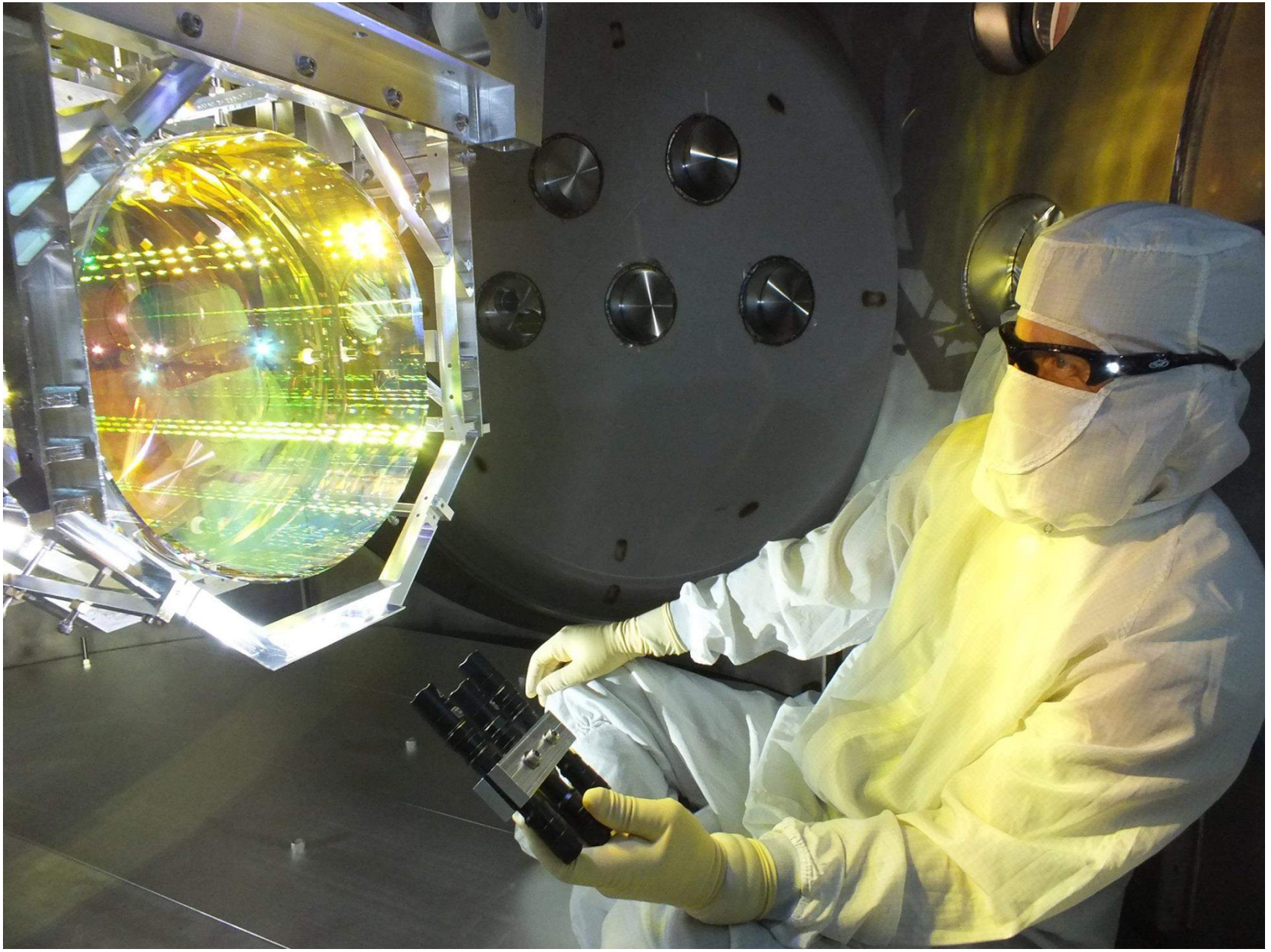


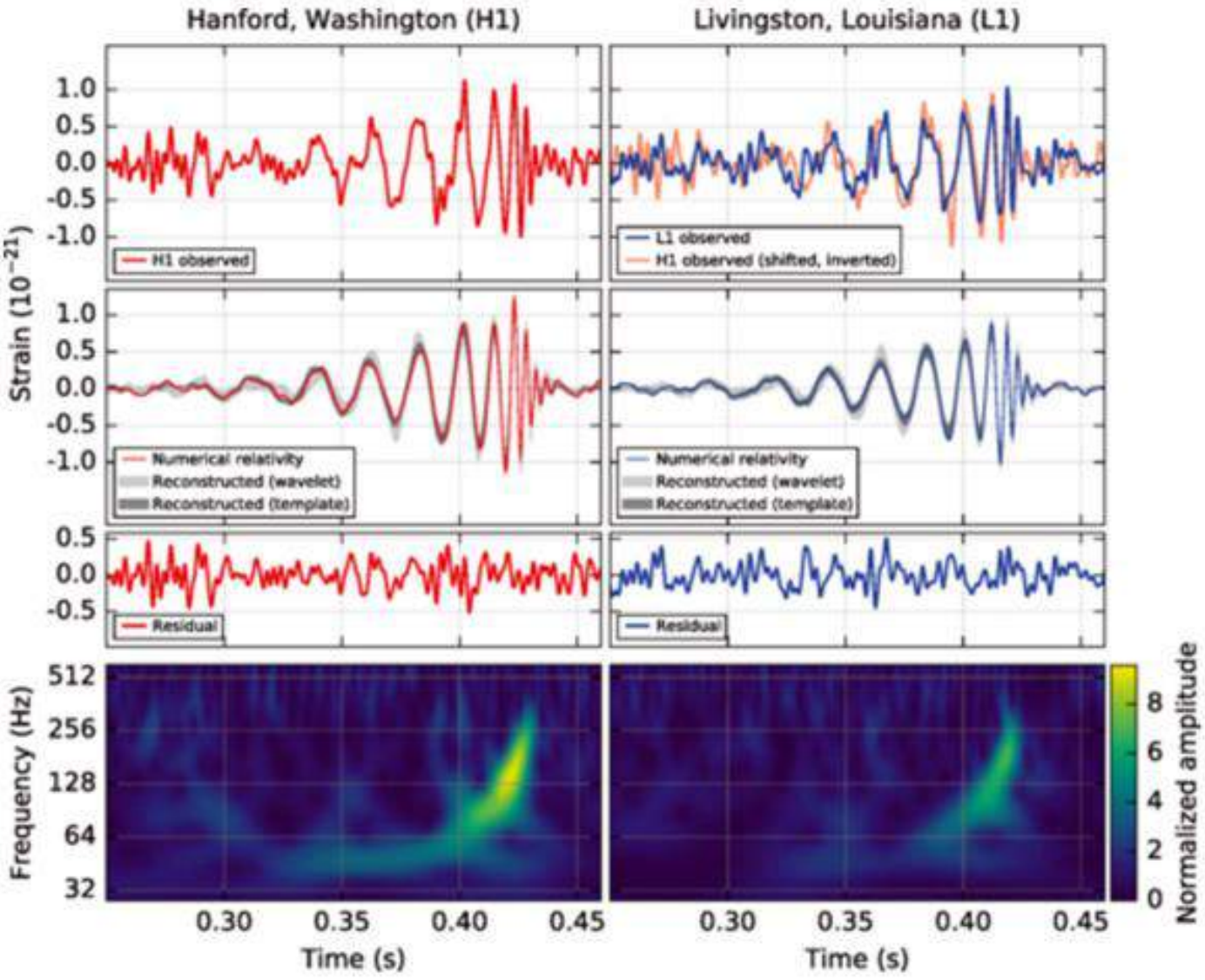
Scoperta delle onde gravitazionali (14 Sept. 2015 -> 11 Feb 2016)

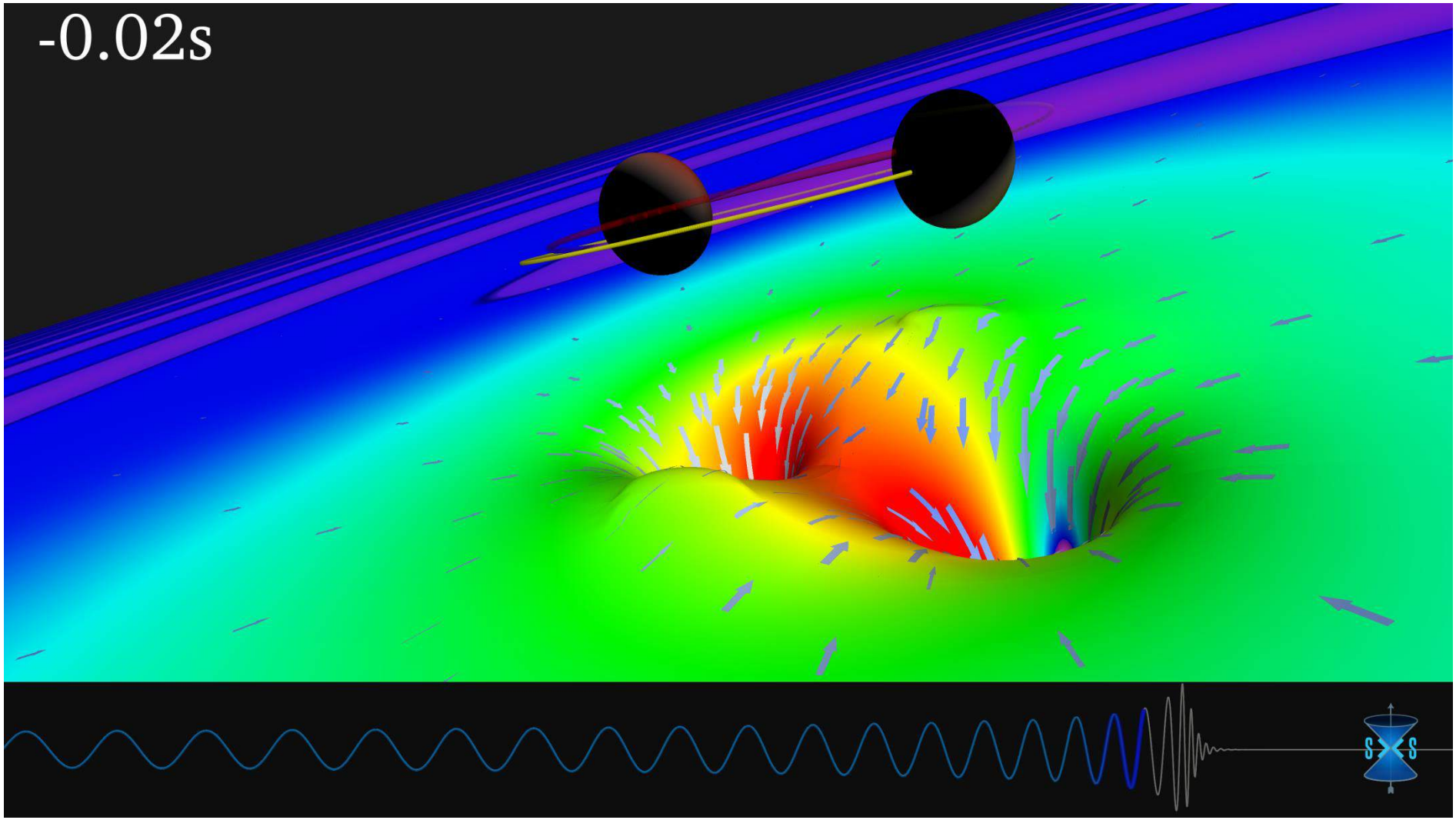


Onde gravitazionali (14 Sept. 2015 -> 11 Feb 2016)





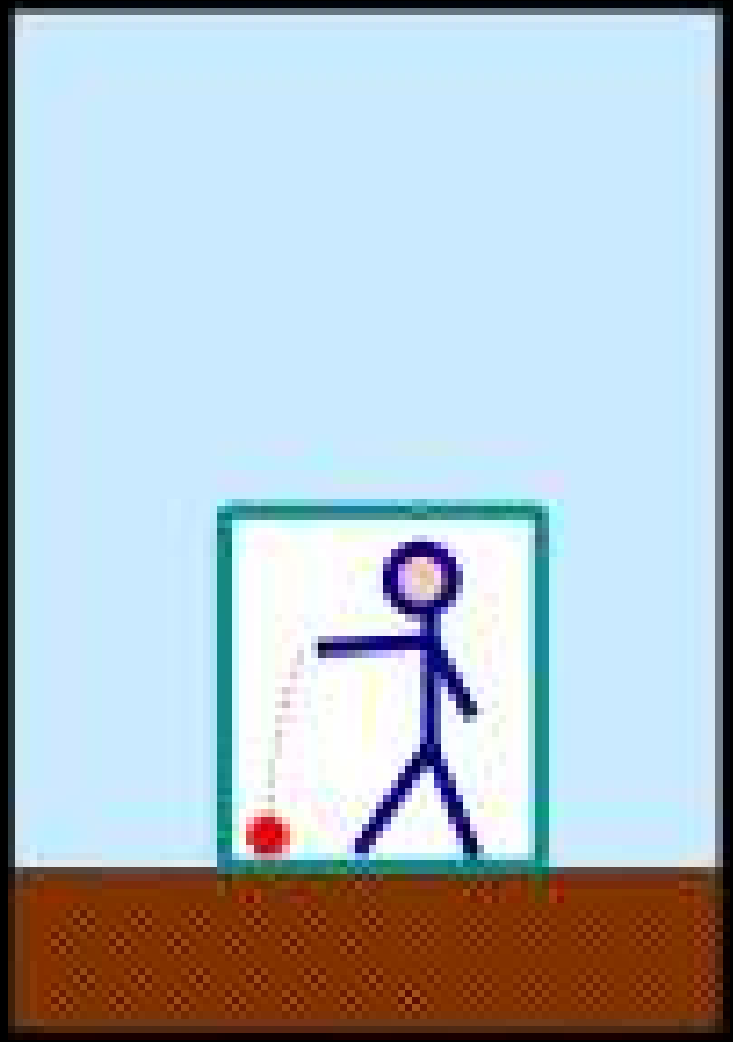

Hanford, Washington (H1)
Livingston, Louisiana (L1)
Strain (10^{-21})
H1 observed
L1 observed
H1 observed (shifted, inverted)
Numerical relativity
Reconstructed (wavelet)
Reconstructed (template)
Residual
Frequency (Hz)
512
256
128
64
32
0.30
0.35
0.40
0.45
Time (s)
Normalized amplitude
0
2
4
6
8


-0.02s

GRAVASTAR???

La Relativita'

Relativita' generale – principio di equivalenza



Le Equazioni di Einstein

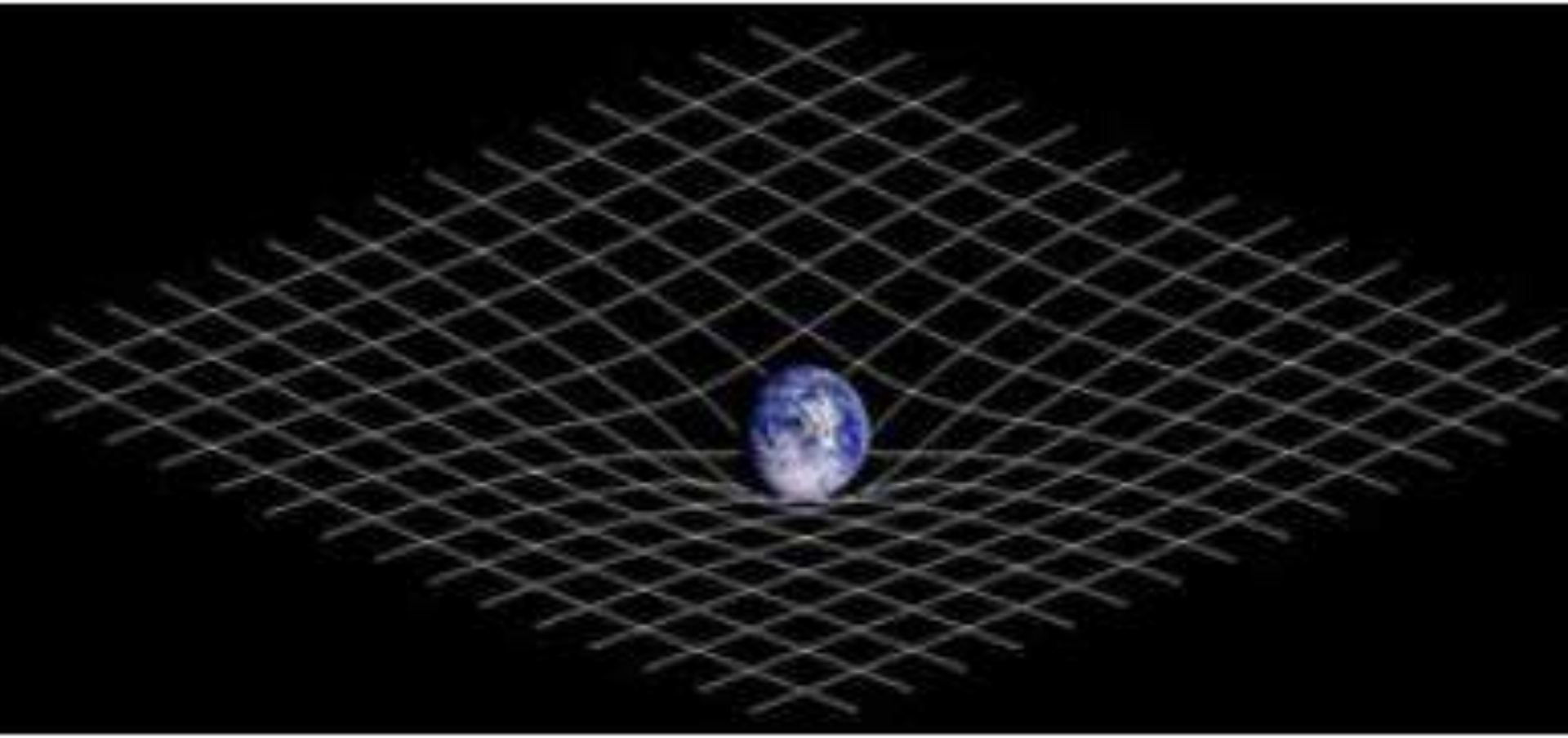
Sono equazioni di campo che pongono in relazione il grado e la natura della distorsione dello spazio-tempo con la materia gravitante che la produce

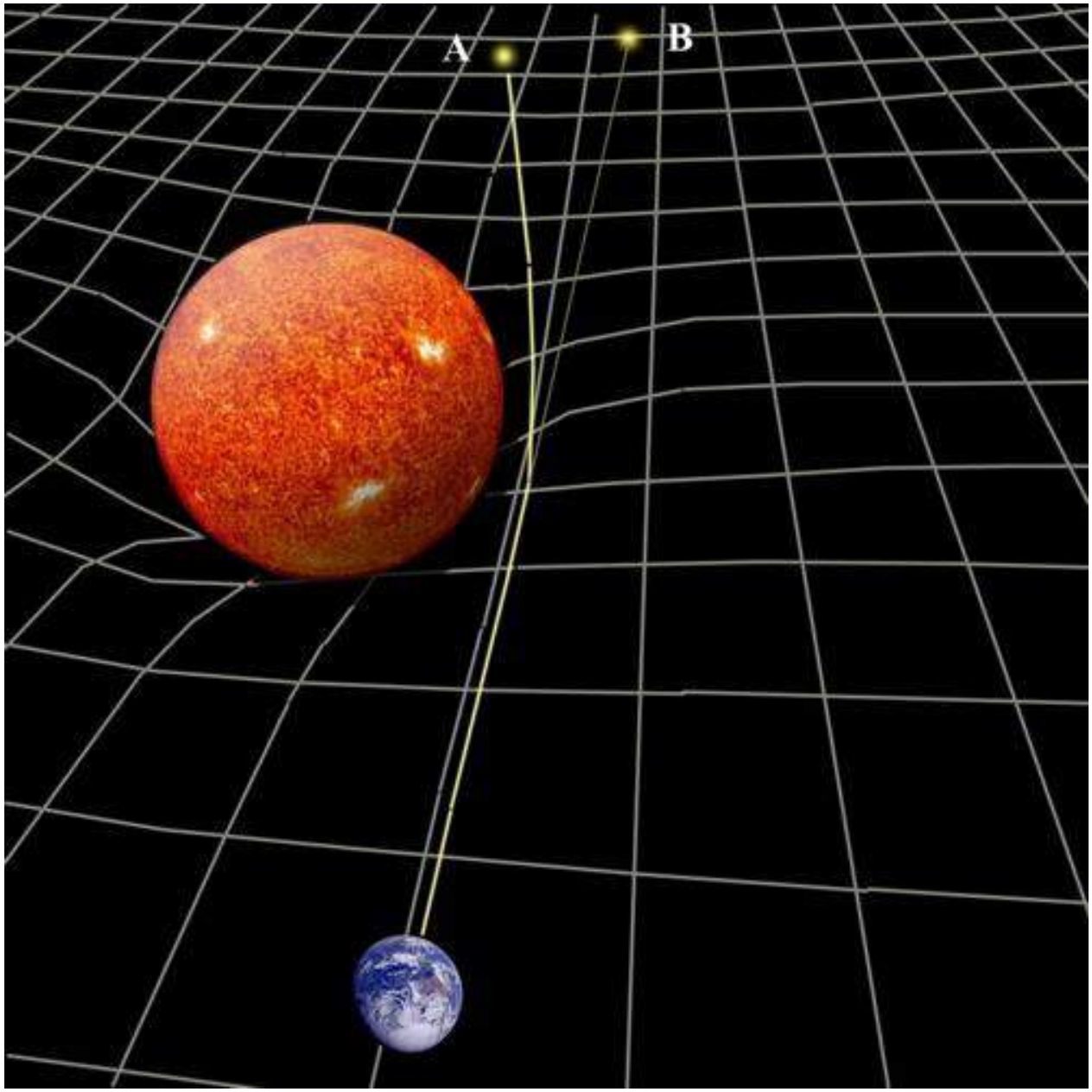
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

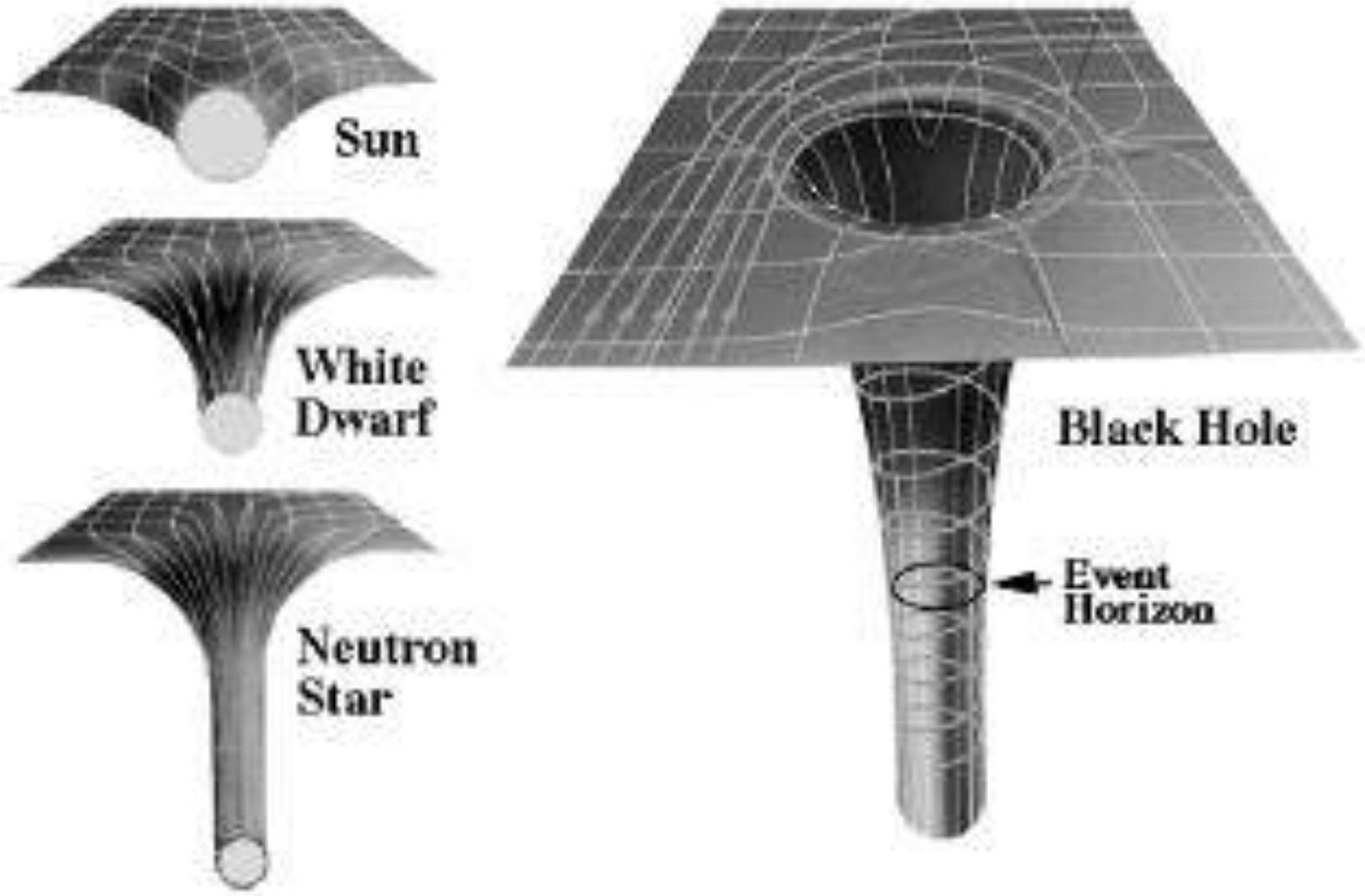
geometria spazio-tempo	=	**distribuzione massa-energia della sorgente**

Lo spazio-tempo dice alla materia come muoversi;

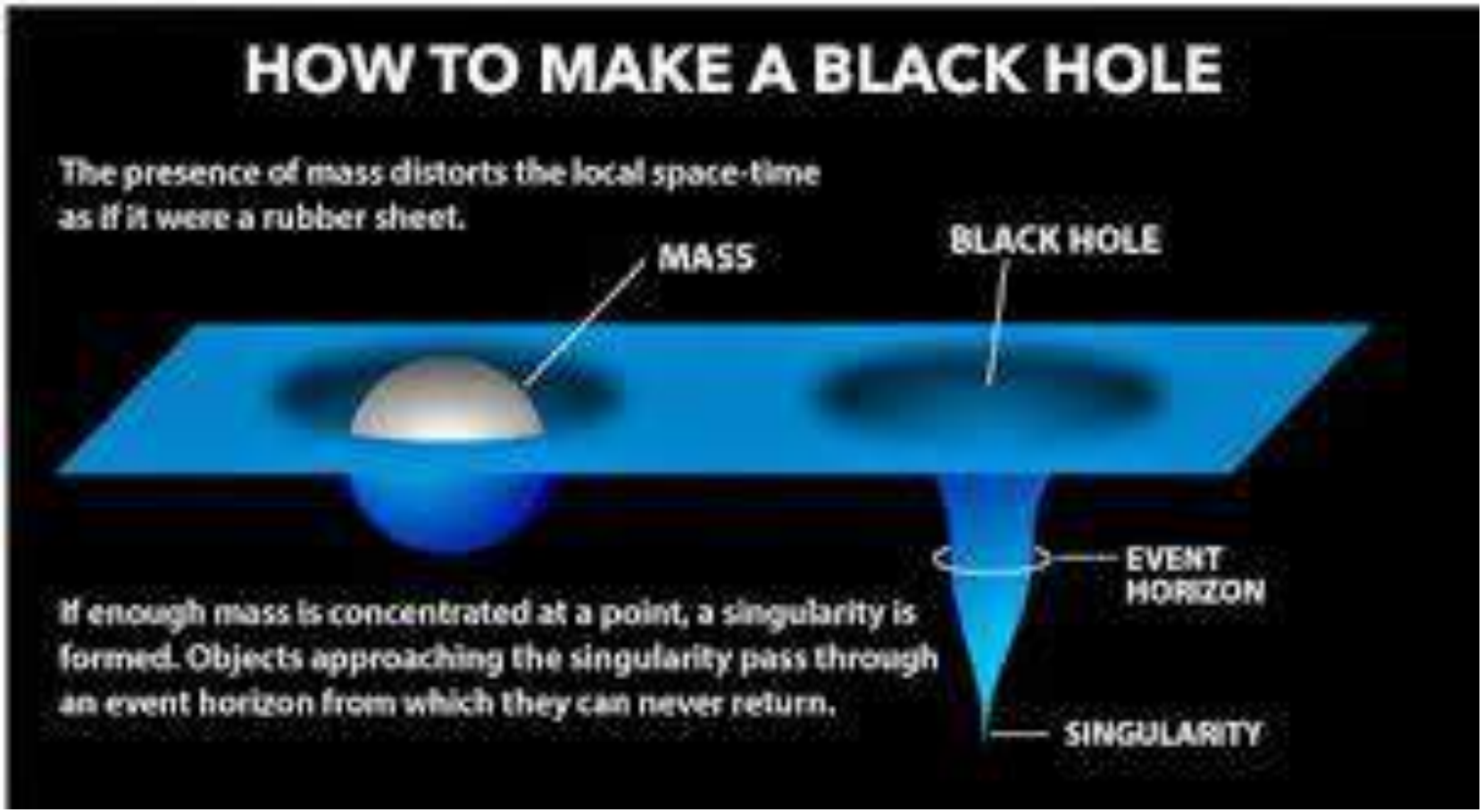
La materia dice allo spazio-tempo come distorcersi




A
B

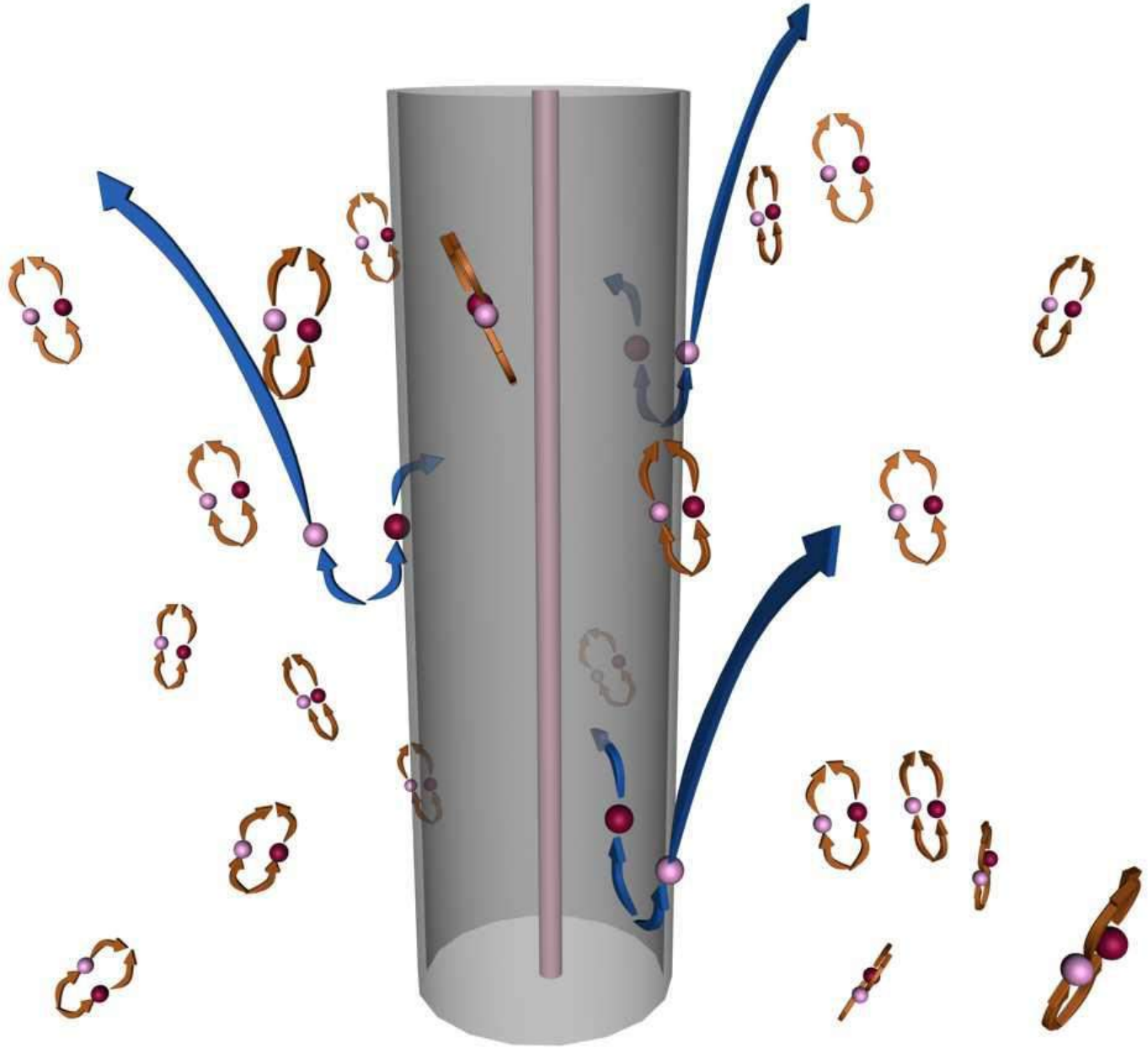


Credit: Adam Apollo


HOW TO MAKE A BLACK HOLE
The presence of mass distorts the local space-time as if it were a rubber sheet.
MASS
BLACK HOLE
EVENT HORIZON
SINGULARITY
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.

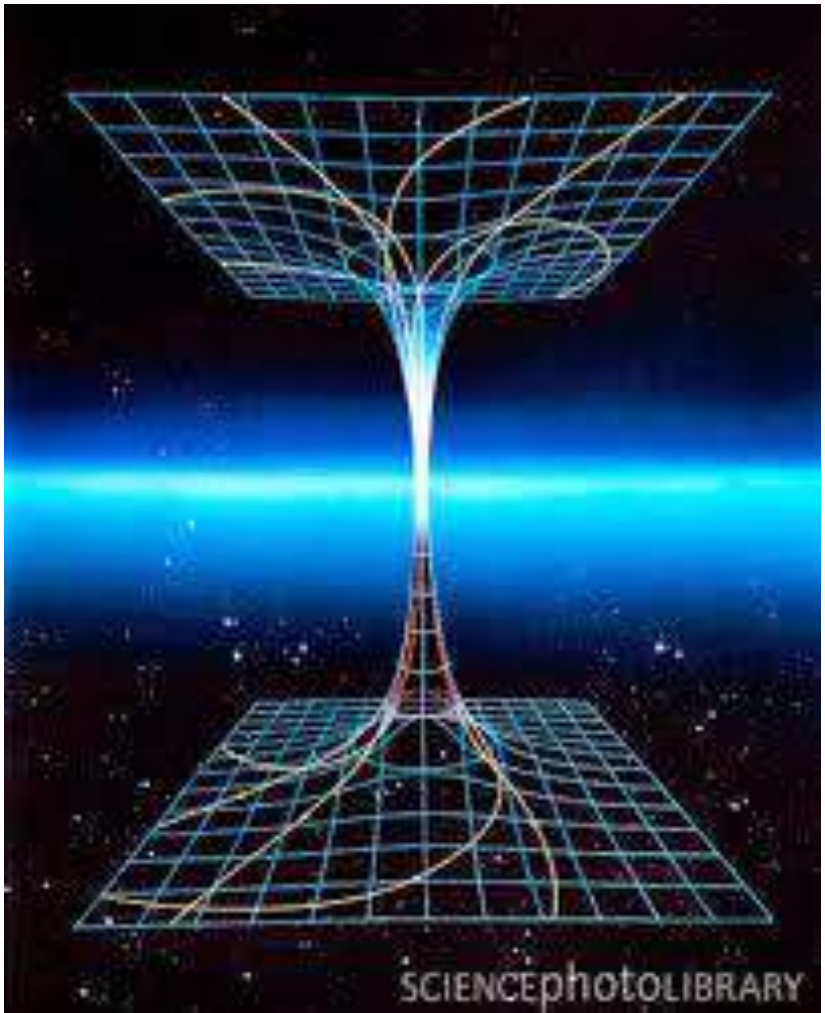
I buchi neri non sono cosi'….neri
radiazione di Hawking
(effetti quantistici)


Creazione di una coppia di particelle virtuali nello spazio ordinario: di norma si annichilano subito.
Orizzonte degli eventi
Buco nero
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.



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

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

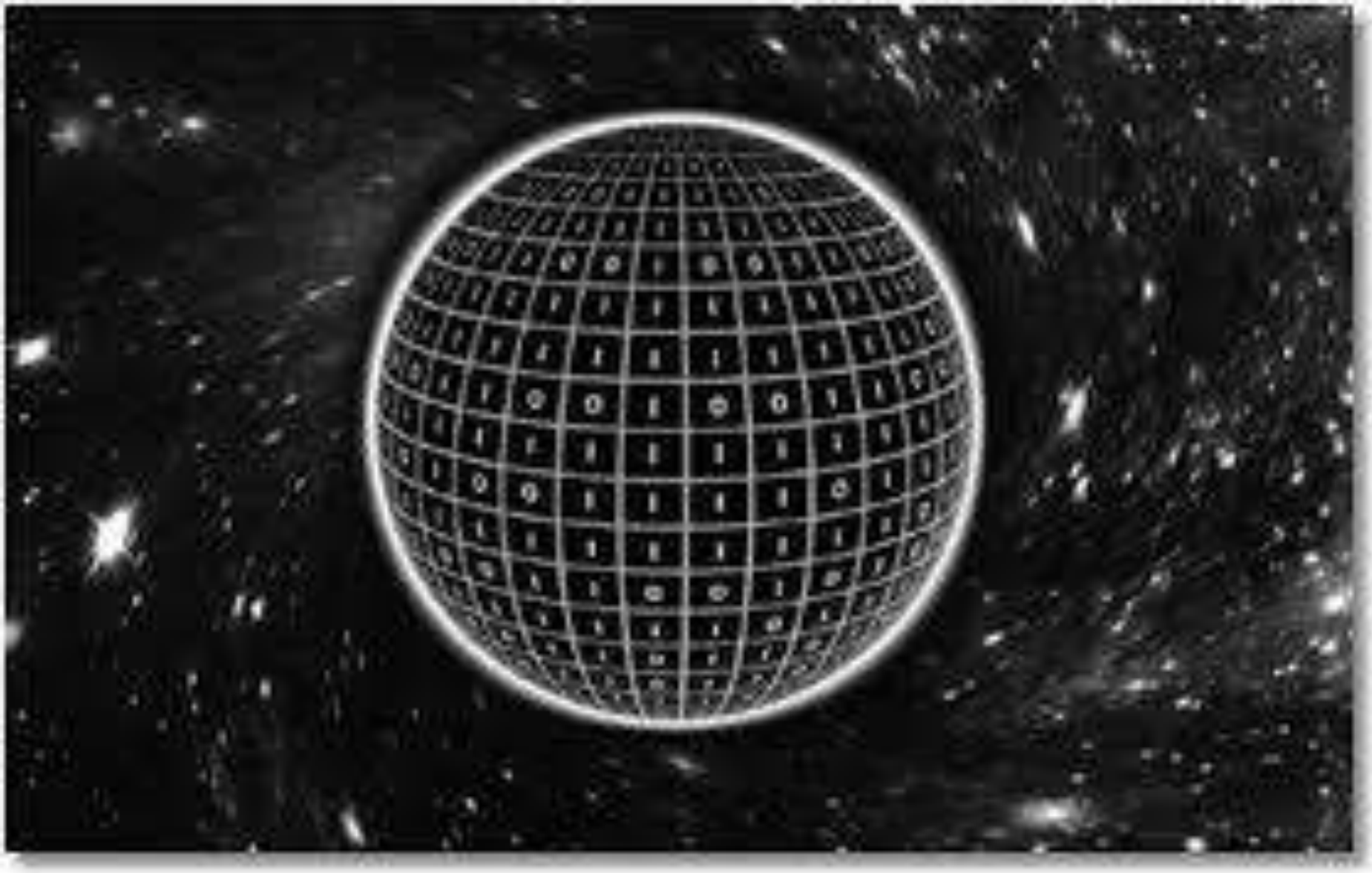


La “guerra” dei buchi neri l’informazione – entropia di un buco nero

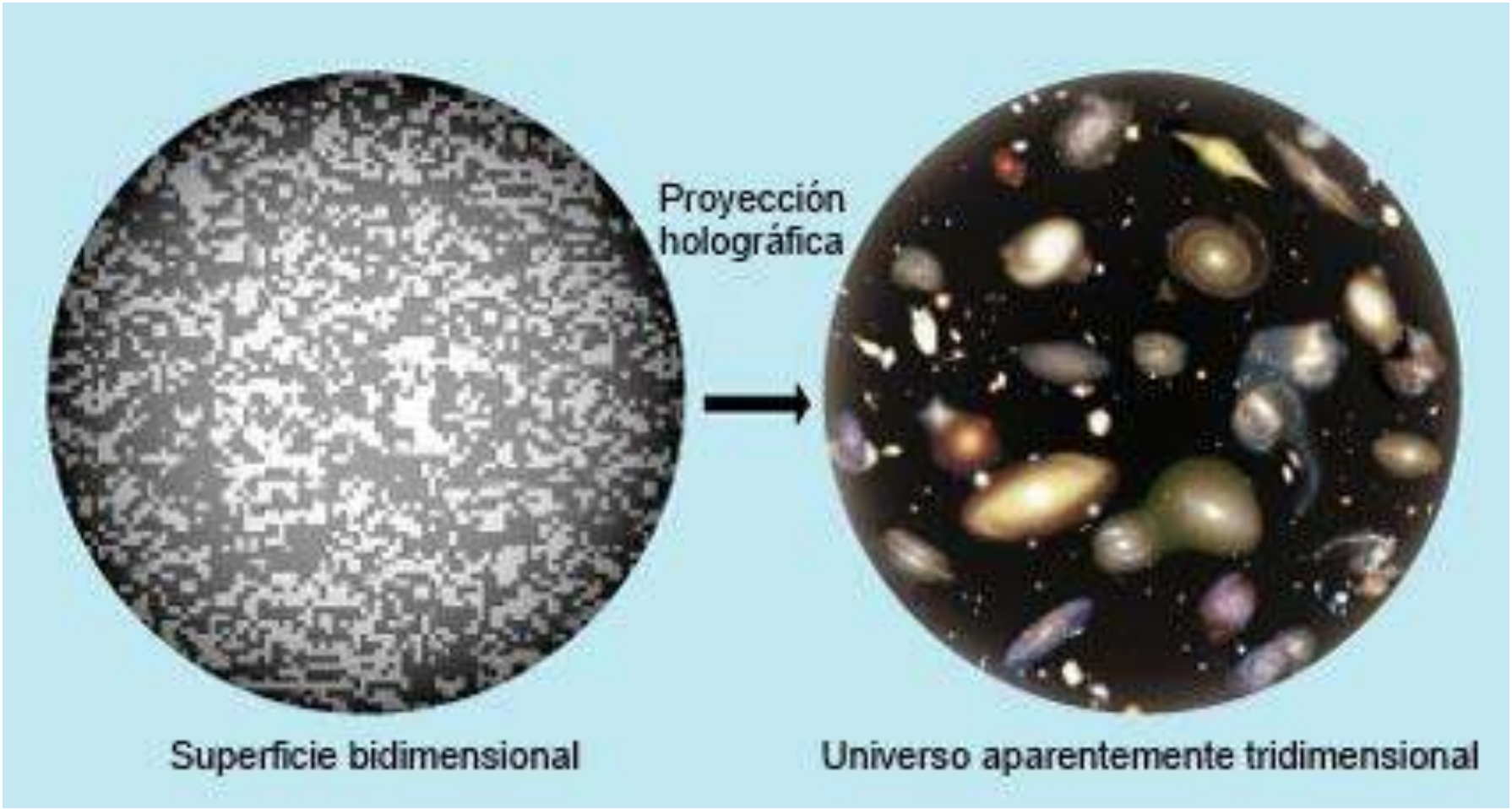
Bekenstein - Hawking:

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

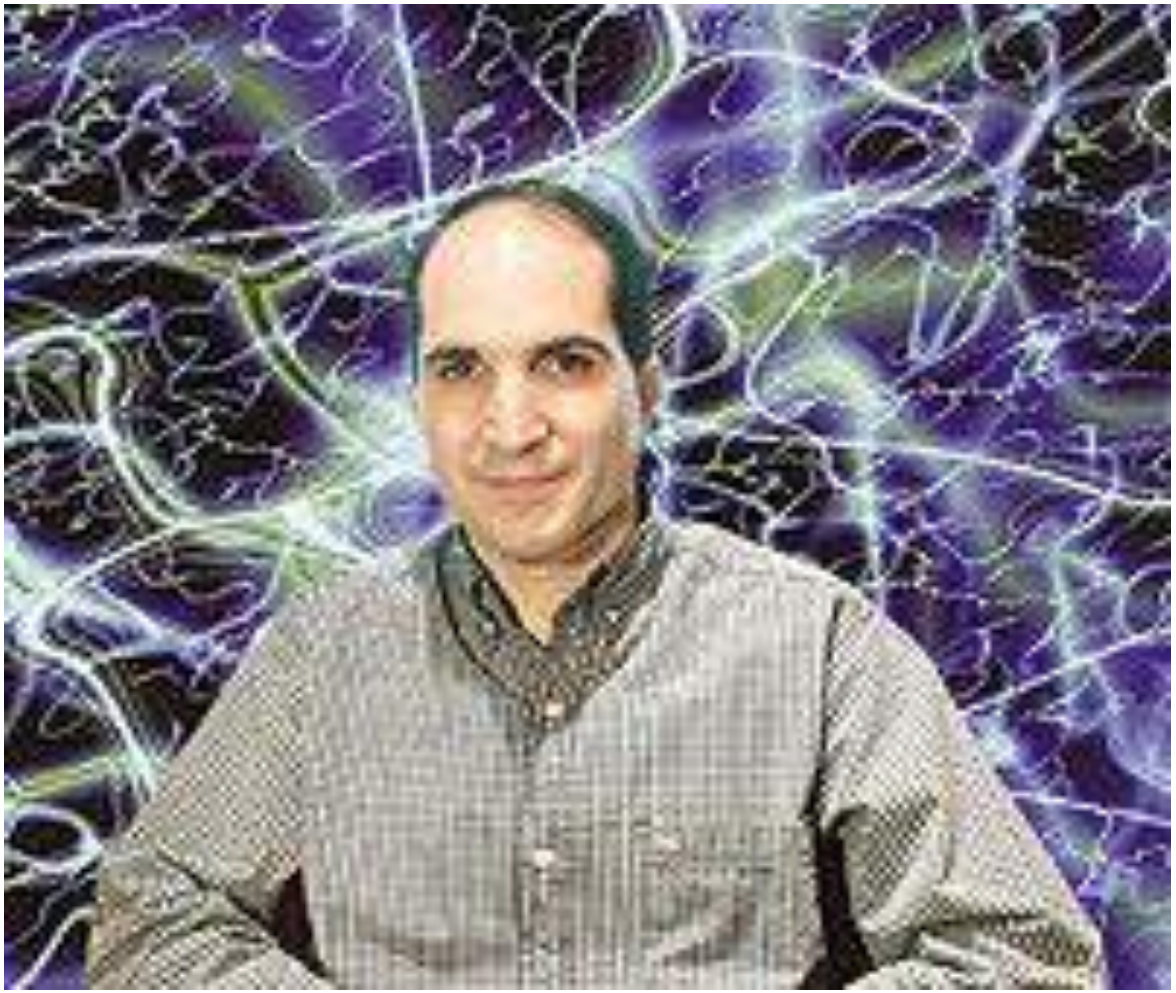
Informazione di un buco nero: Principio olografico



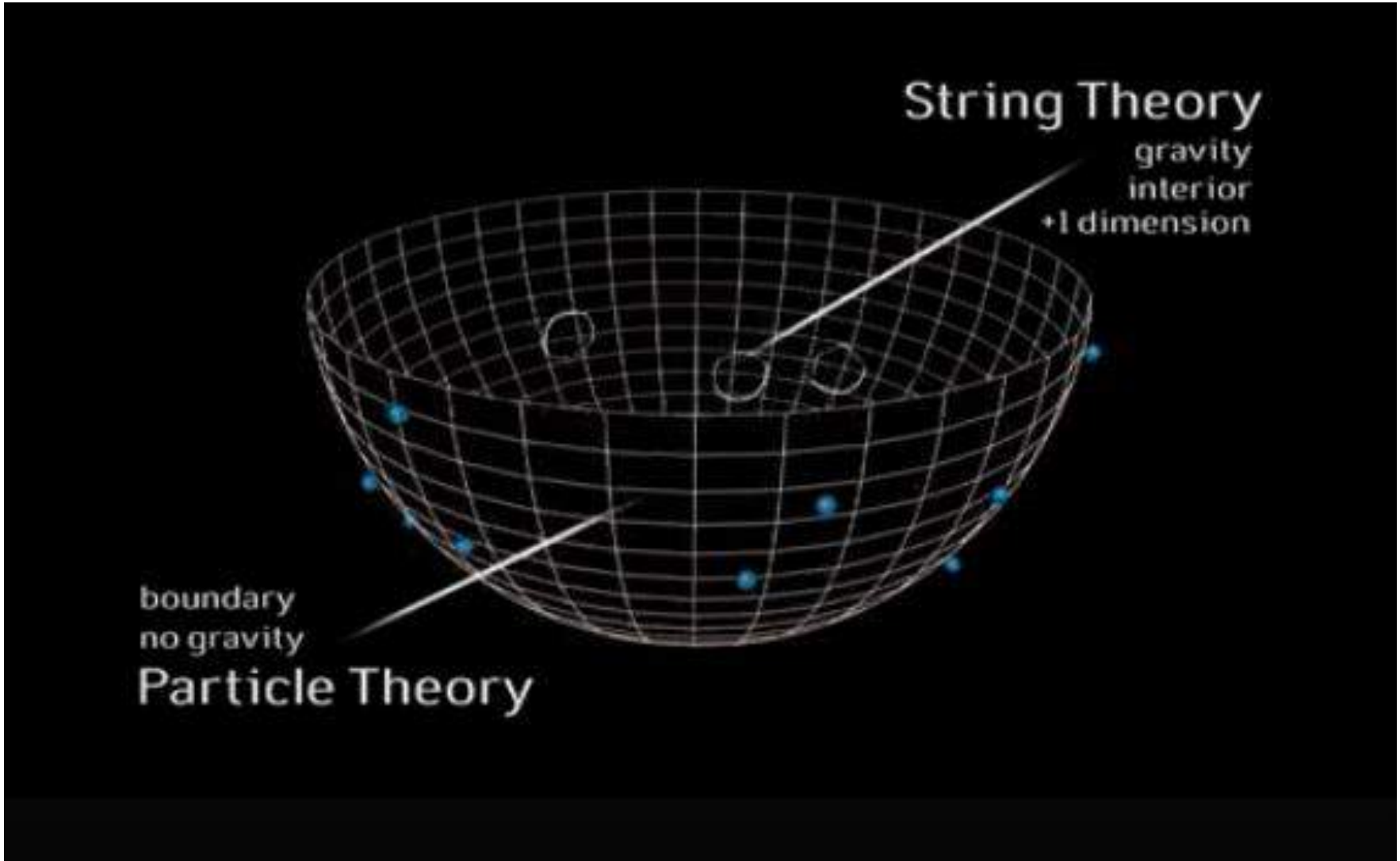
Informazione di un buco nero: Principio olografico



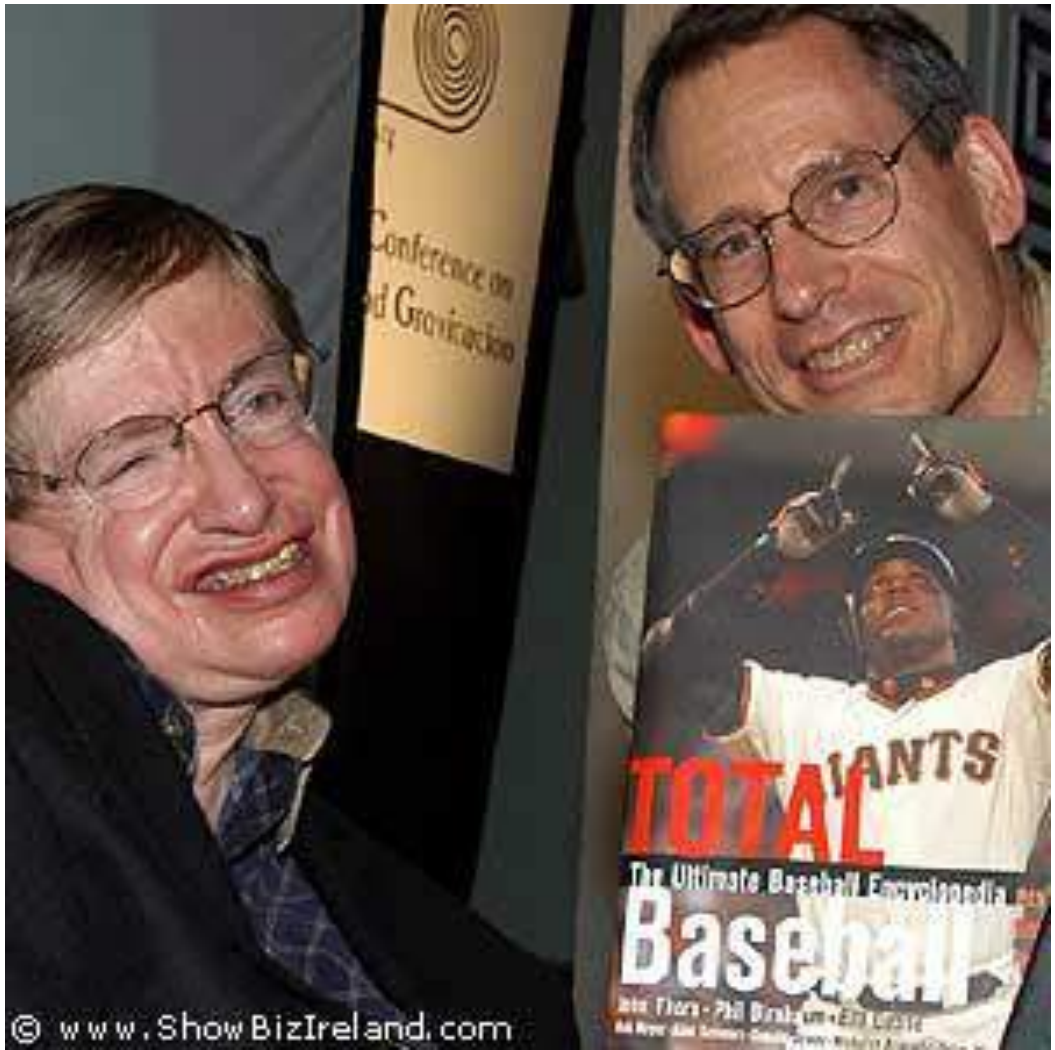
La “guerra” dei buchi neri cosa accade all’informazione? Maldacena



Le teorie duali
Maldacena



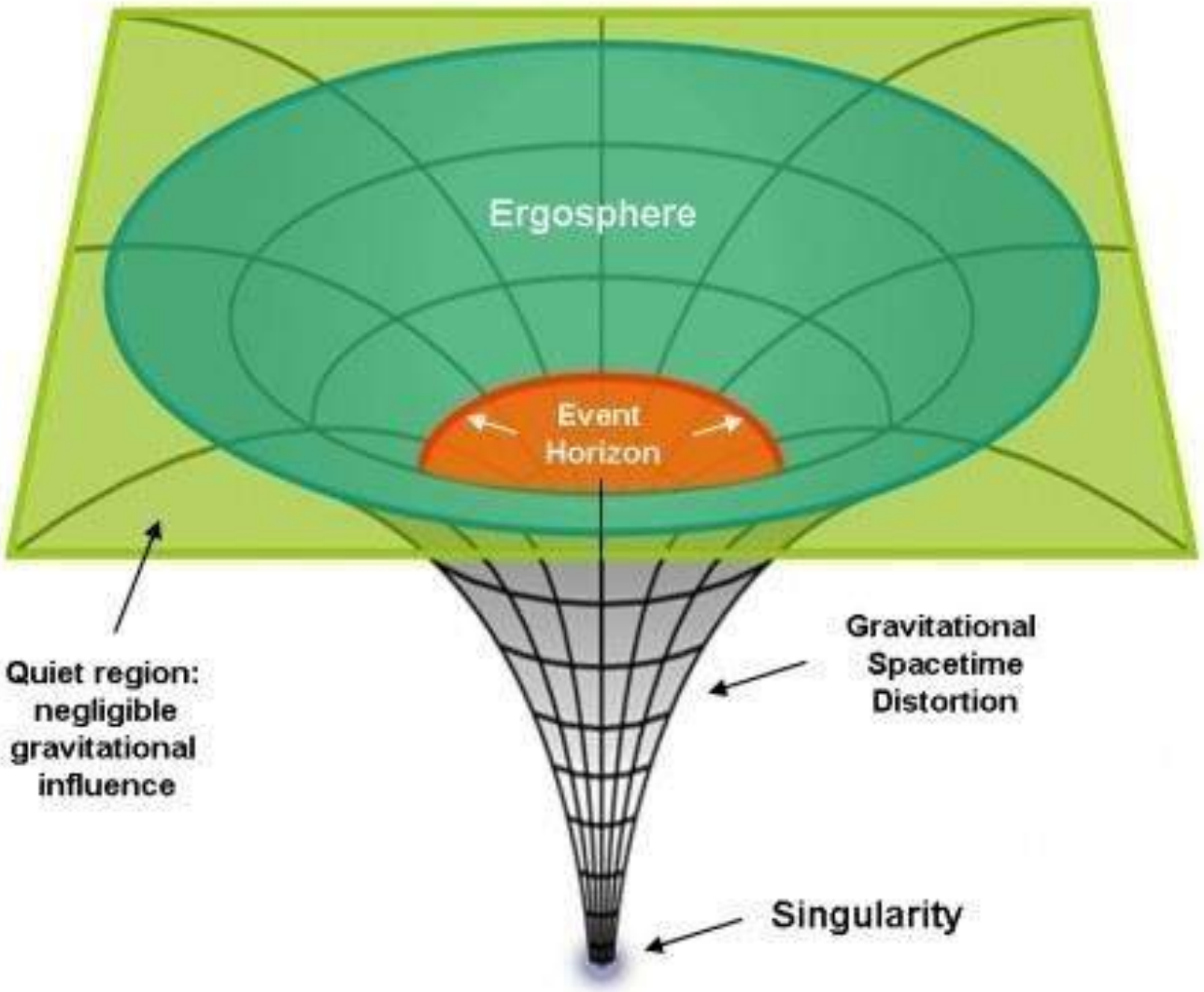
La “guerra” dei buchi neri cosa accade all’informazione? Hawking e Preskill (la scomessa)



Lanciarsi in un buco nero?

Lanciarsi in un buco nero?

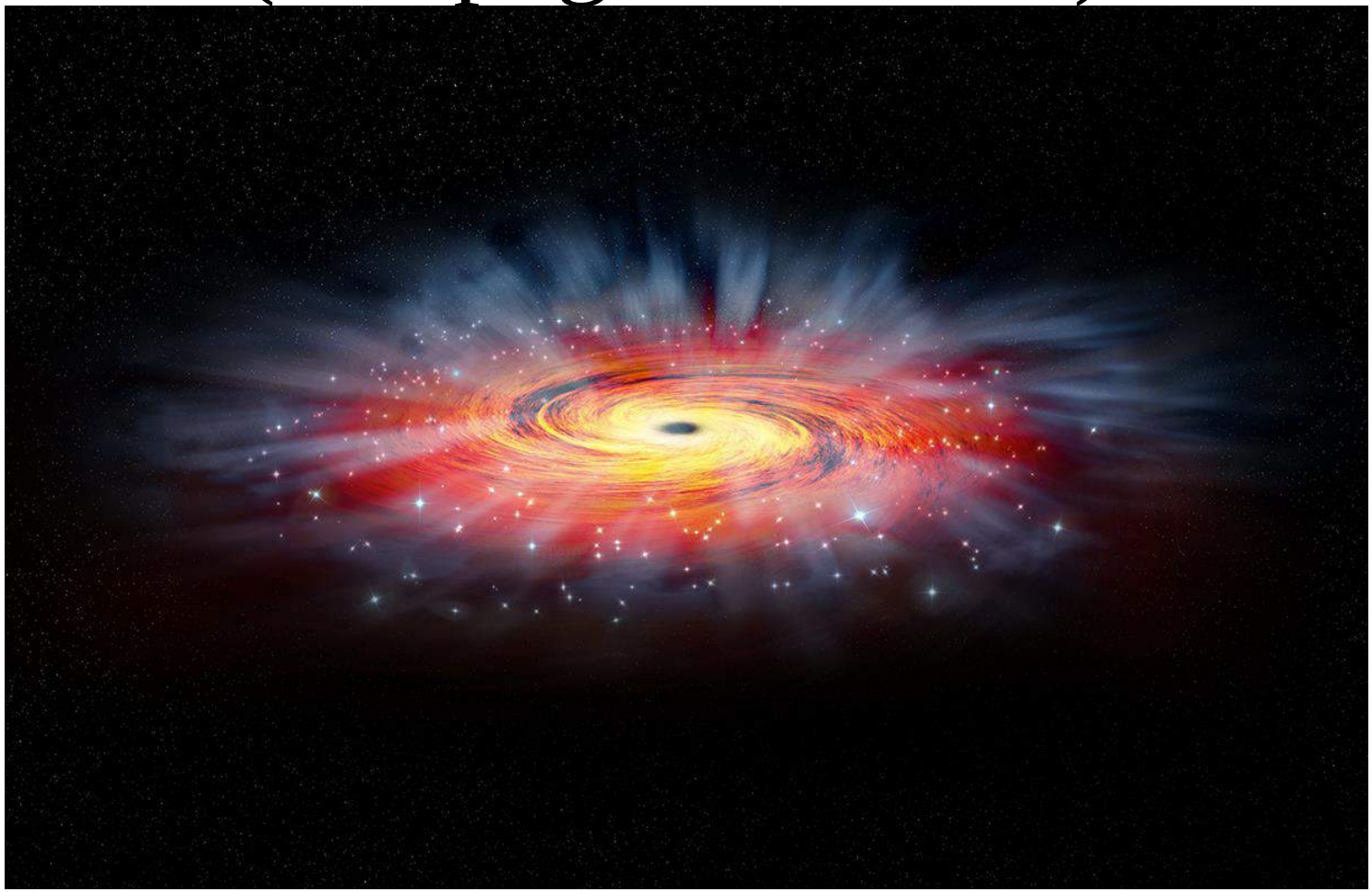
Black Hole Regions



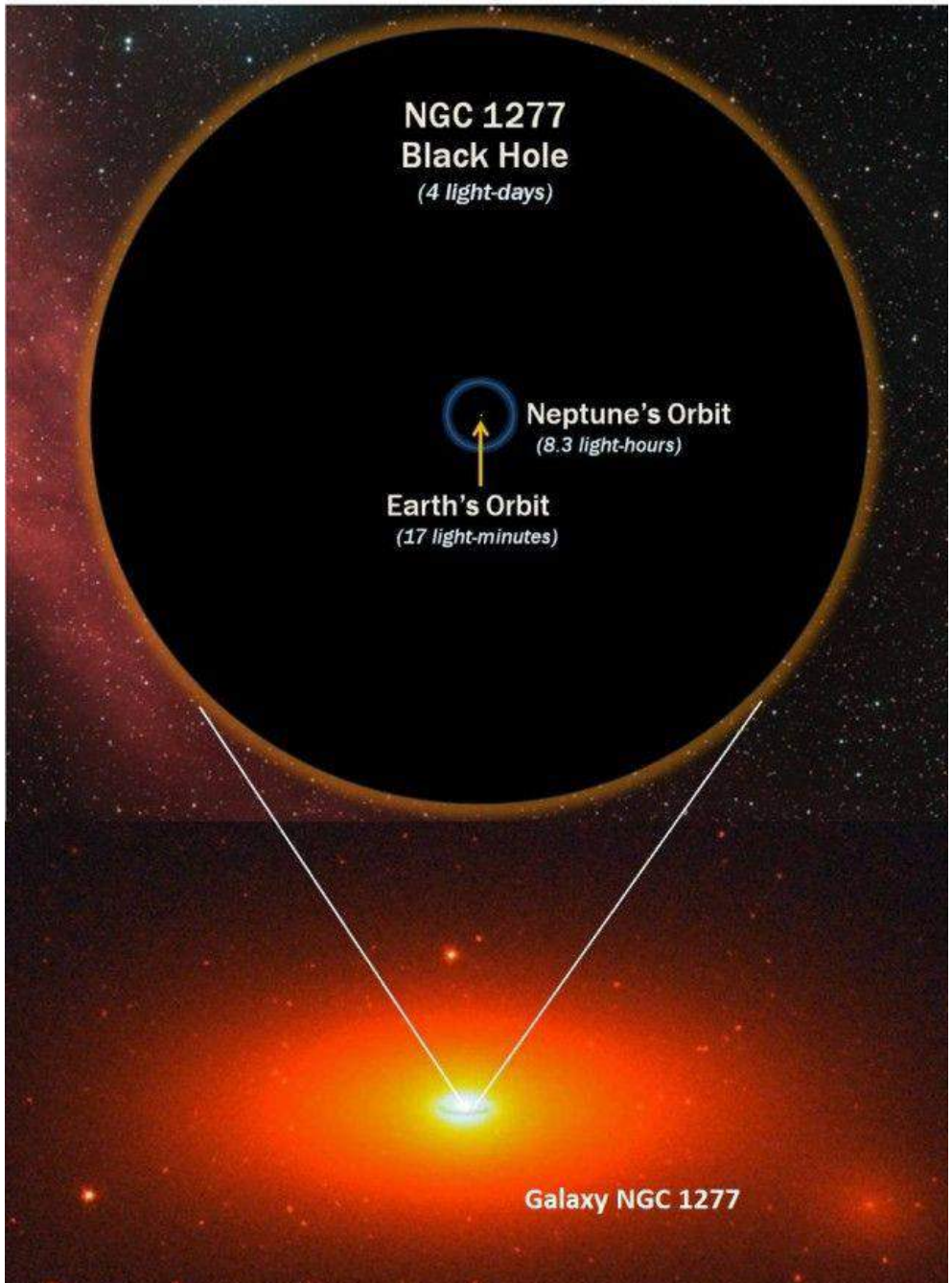
Spaghettification!

To Black Hole

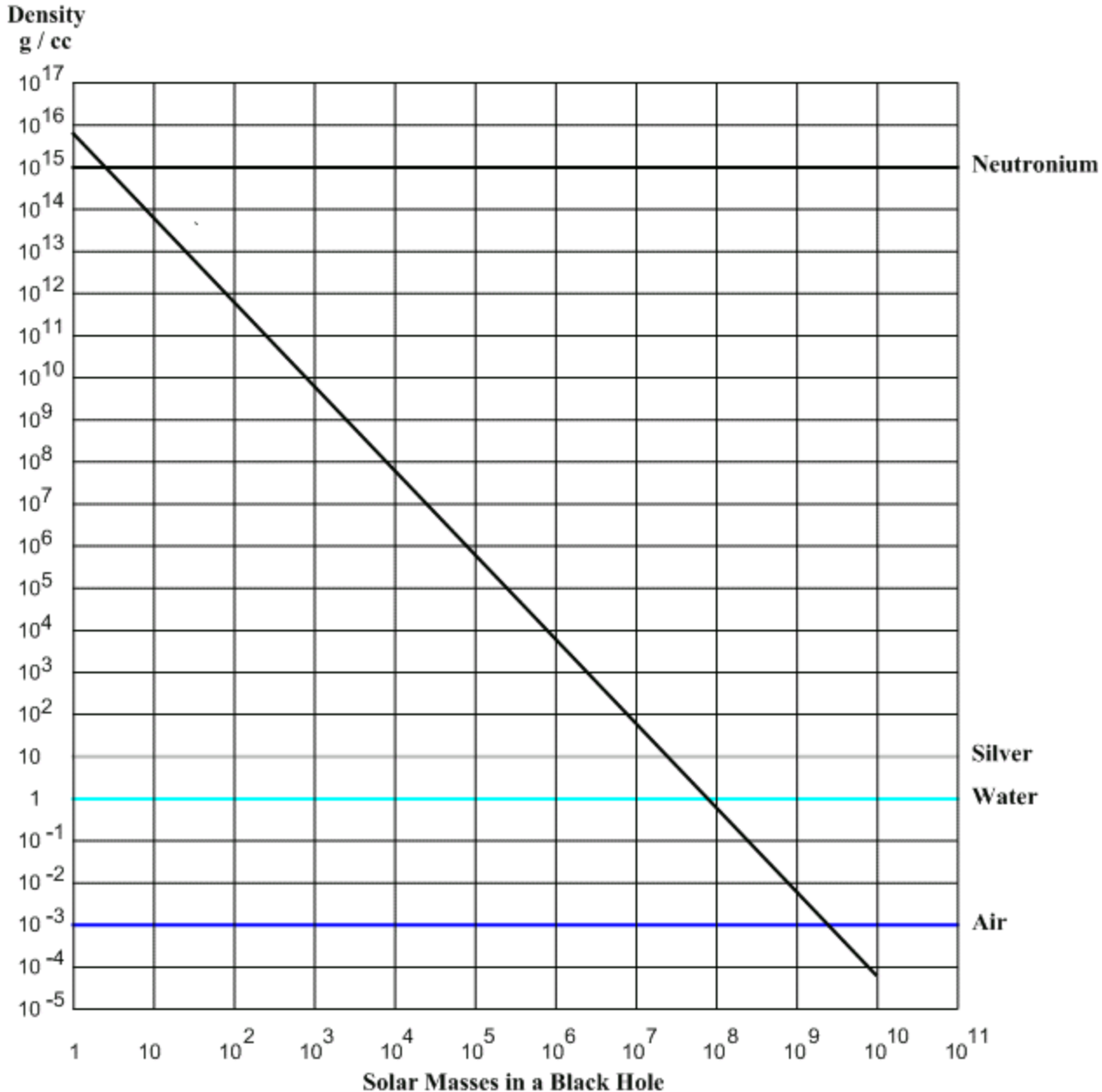
Buchi neri supermassicci densita' bassa (no spaghetificaton)



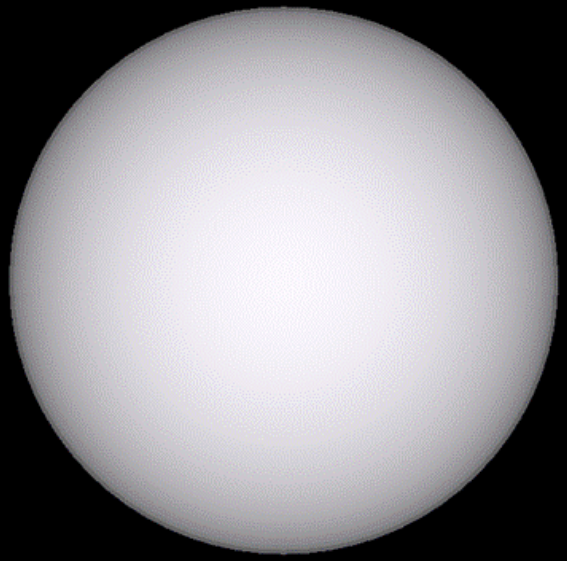
Black Hole – mass about 17 miliarde di volte massa Sole



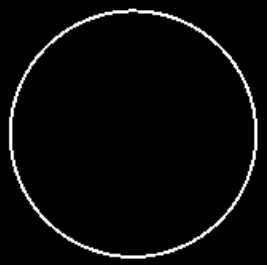
Densita' buchi neri



Manhattan
(spaceimaging.com)



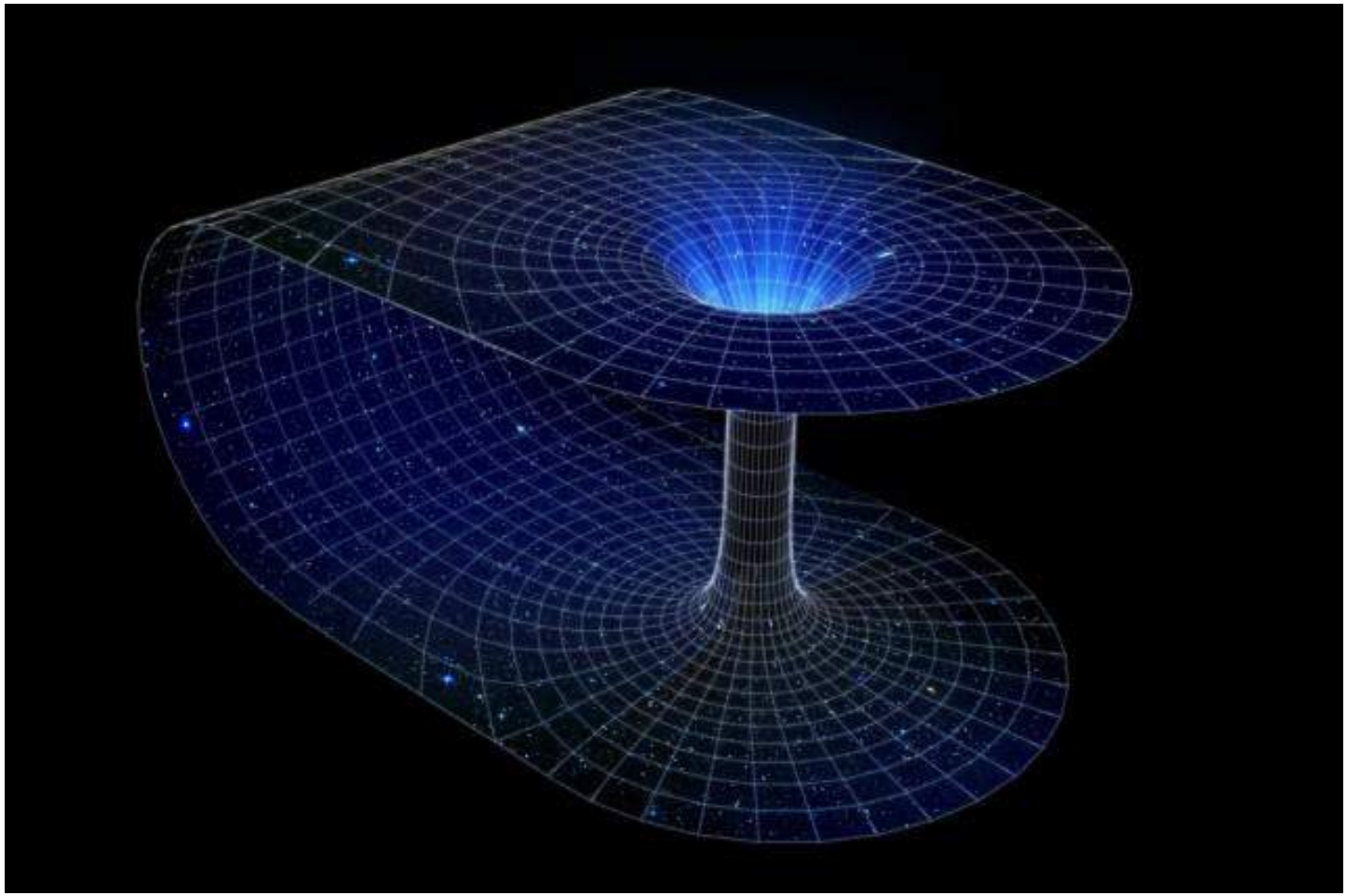
Neutron Star
$M=1.5\ M_{sun}$
$R \approx 10$ km



Black Hole
$M = 1.5\ M_{sun}$
$R_S = 4.5$ km

Viaggi interstellati?

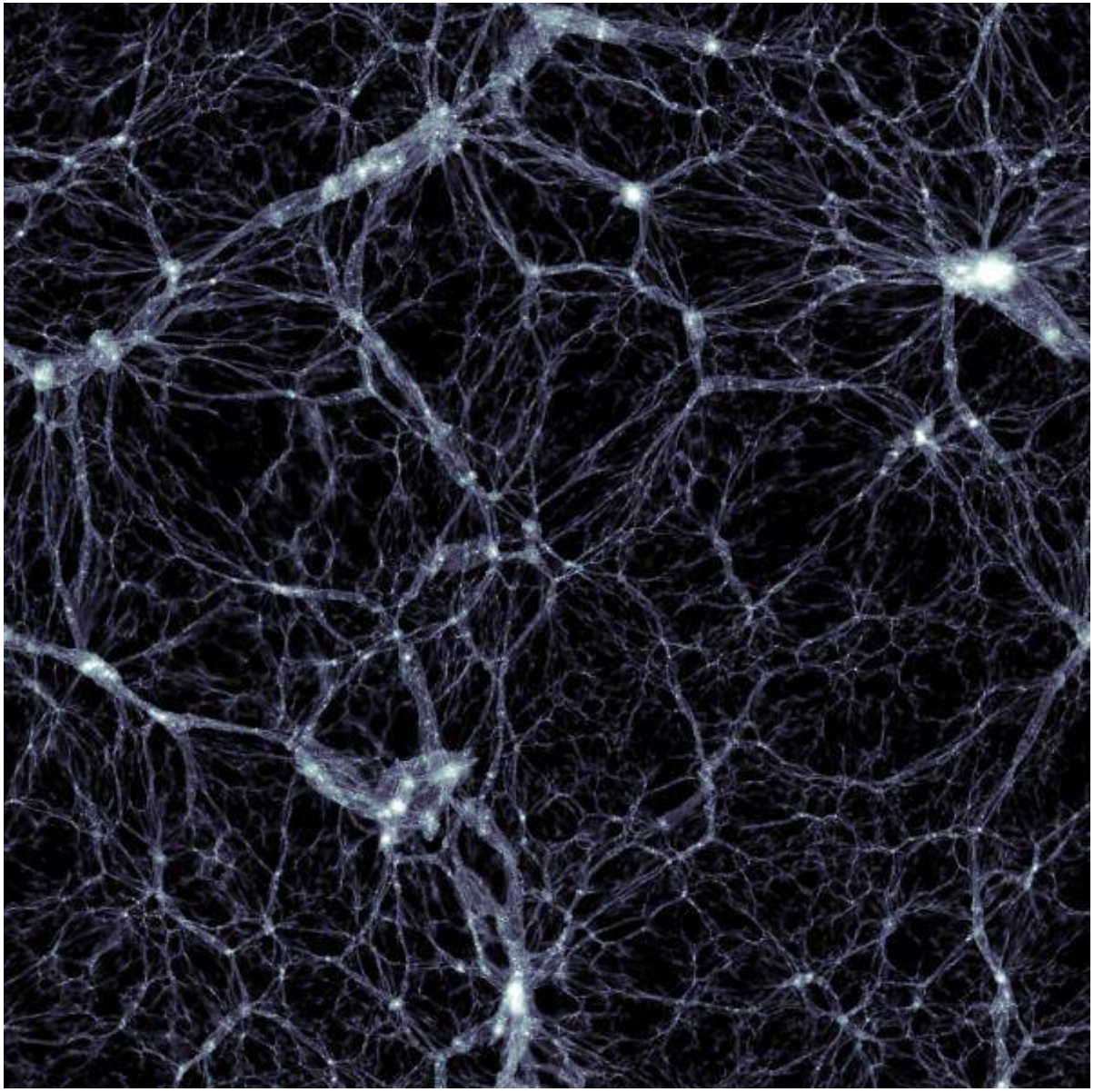
Viaggi interstellati?



Viaggi in altri Universi?

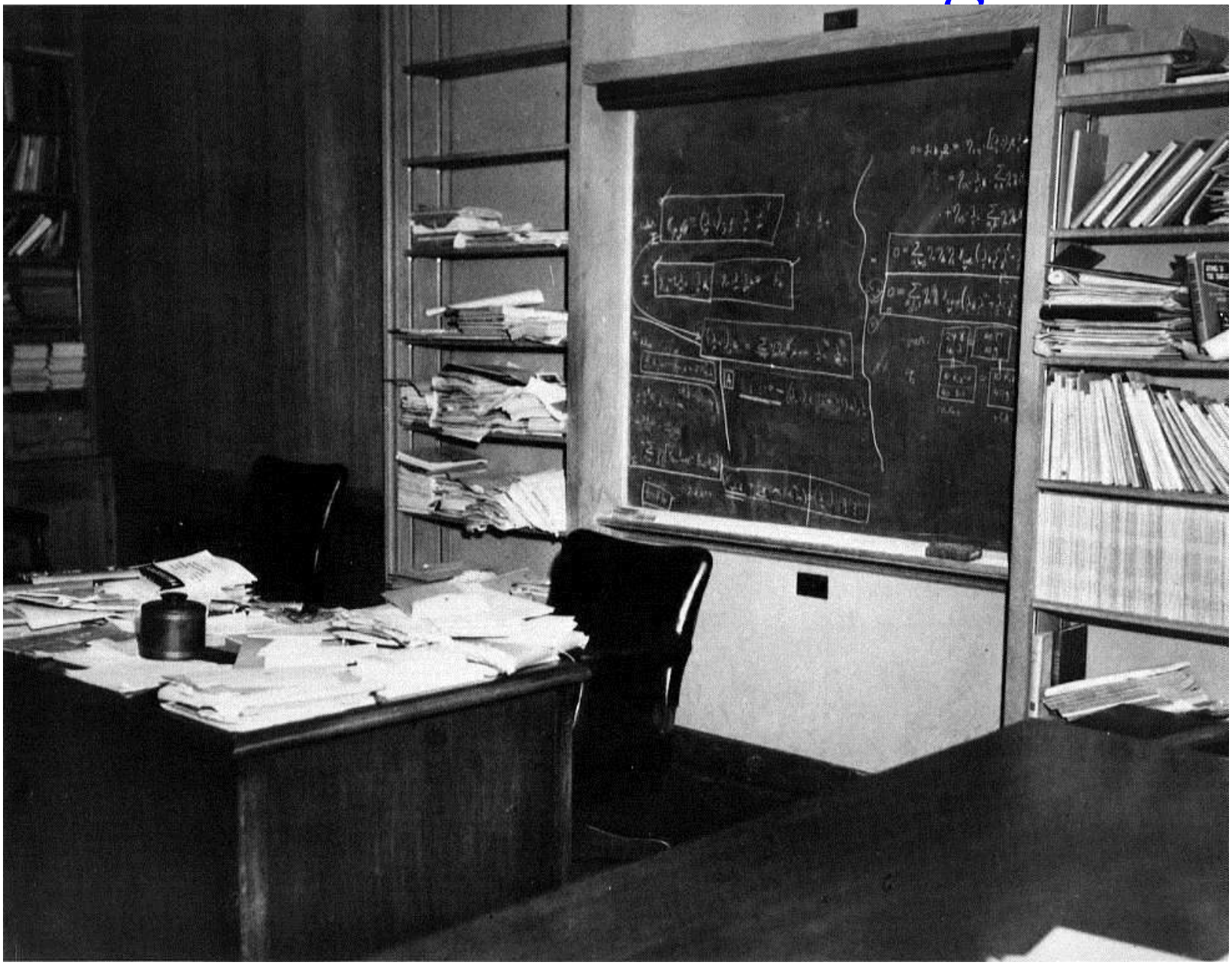
Viaggi in altri Universi?

Struttura dello spazio - tempo

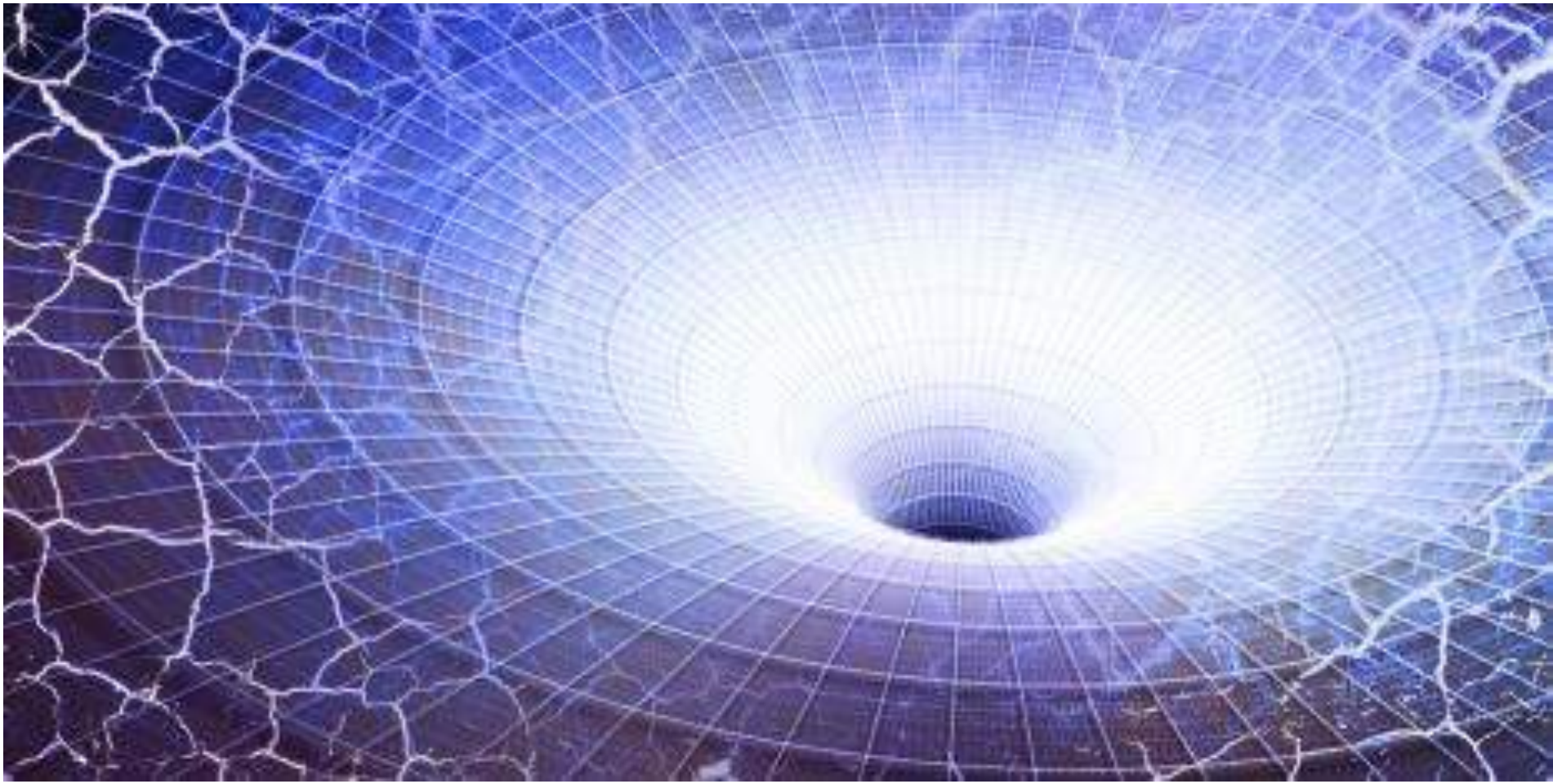


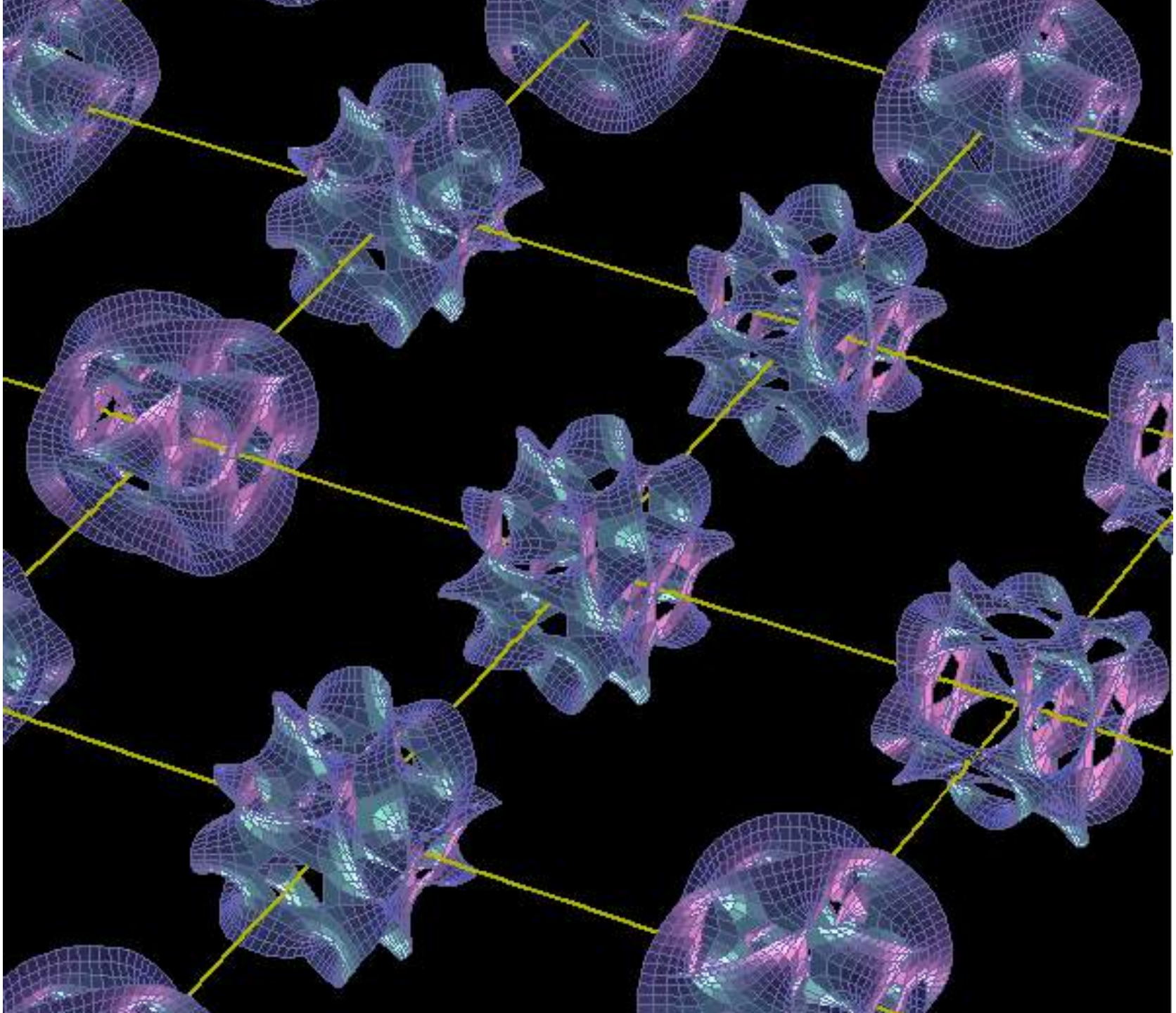
Serve capire meglio la struttora dello spazio-tempo e la gravita' quantistica
(ci sono alcune teorie: teoria delle stringhe; loop quantum gravity…)

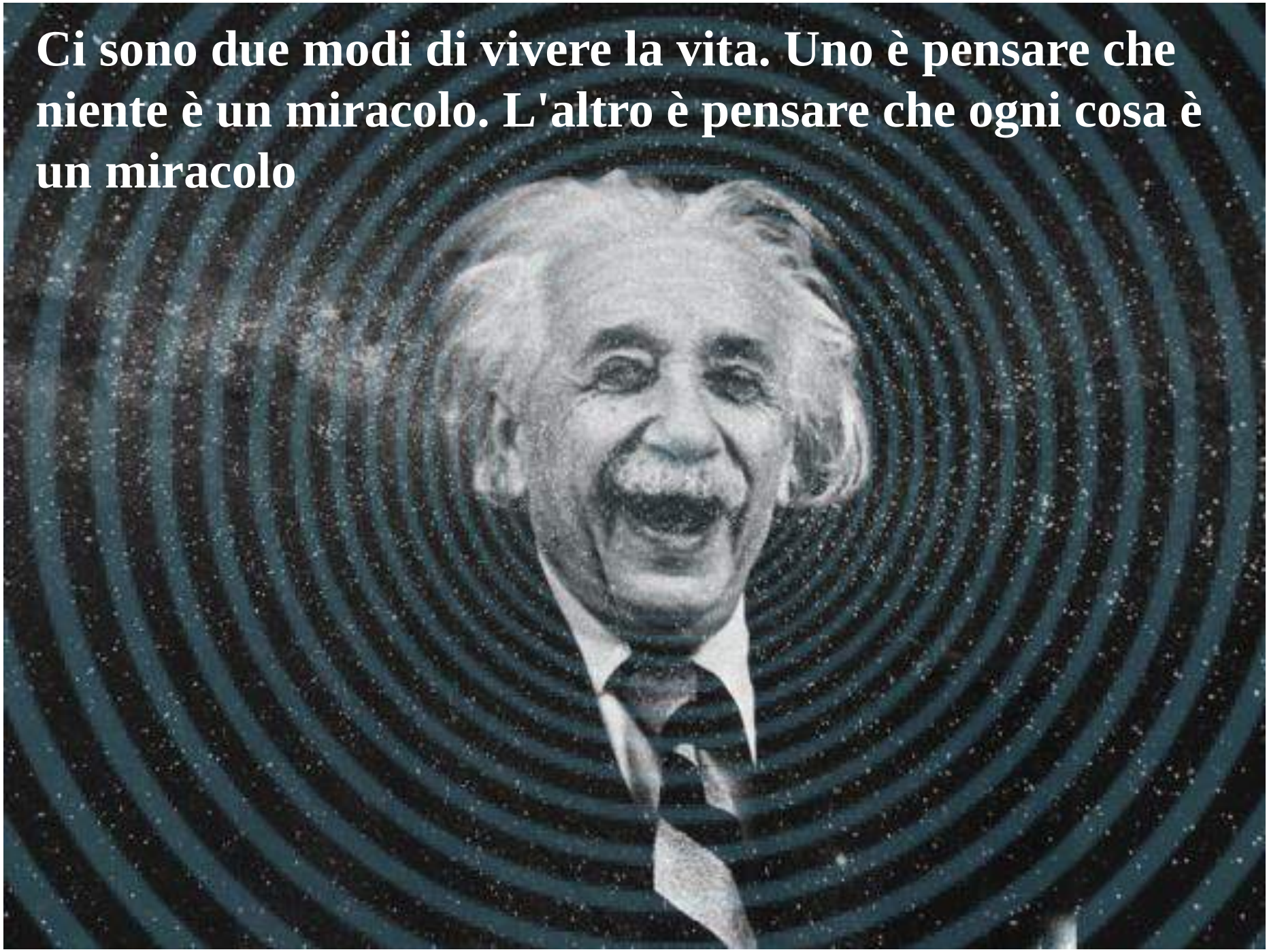
Einstein – l'ultima lavagna



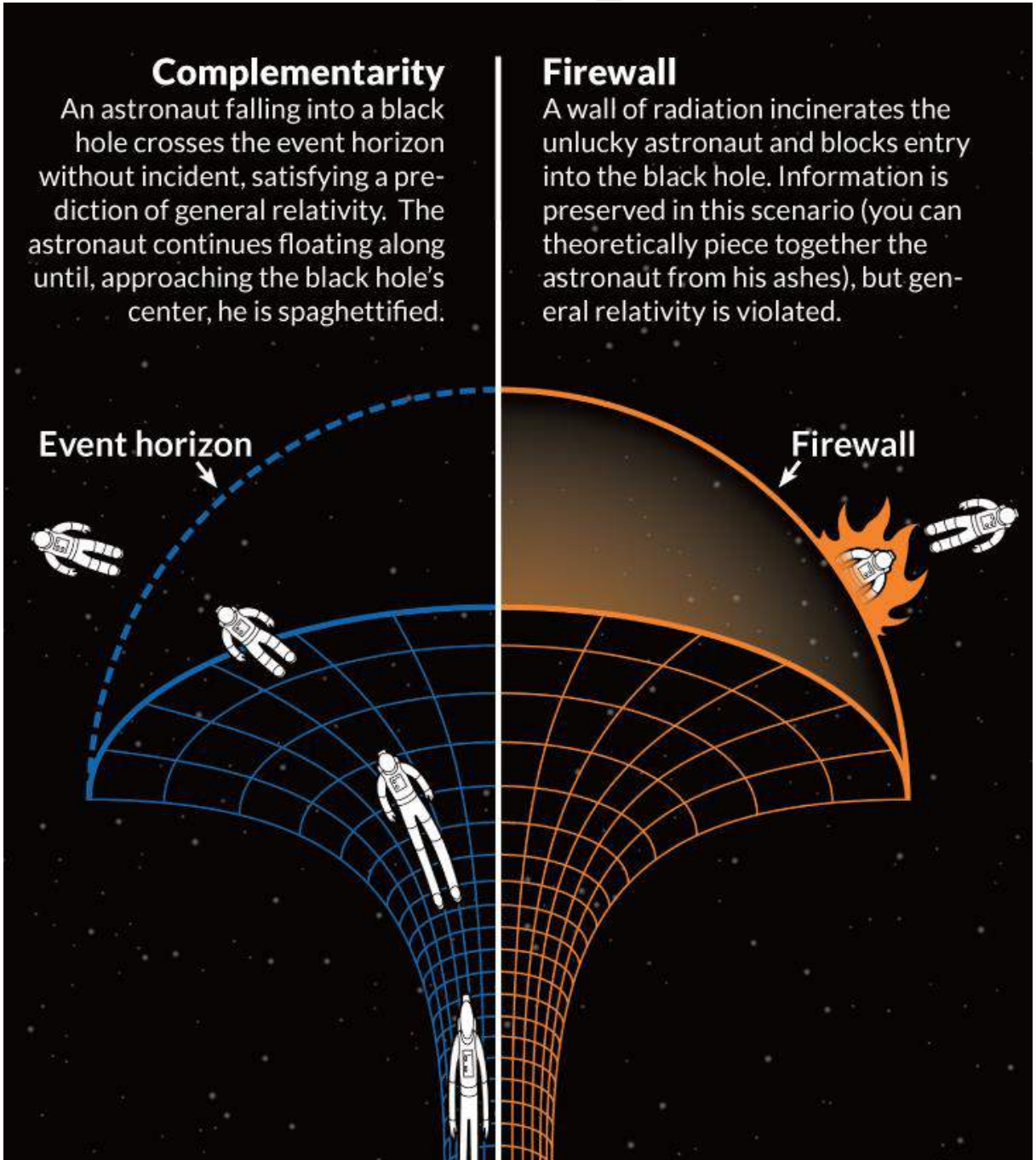
Ma per capire i buchi neri: gravita' quantistica!



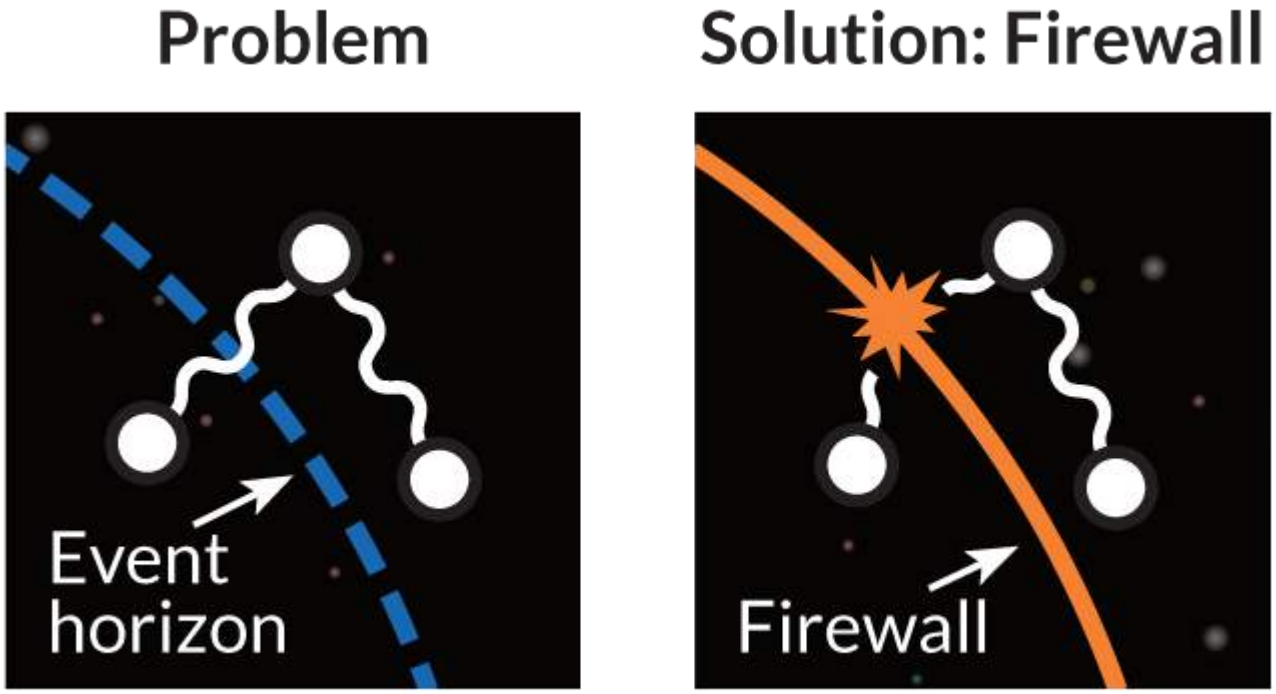



Ci sono due modi di vivere la vita. Uno è pensare che niente è un miracolo. L'altro è pensare che ogni cosa è un miracolo

Hot topic

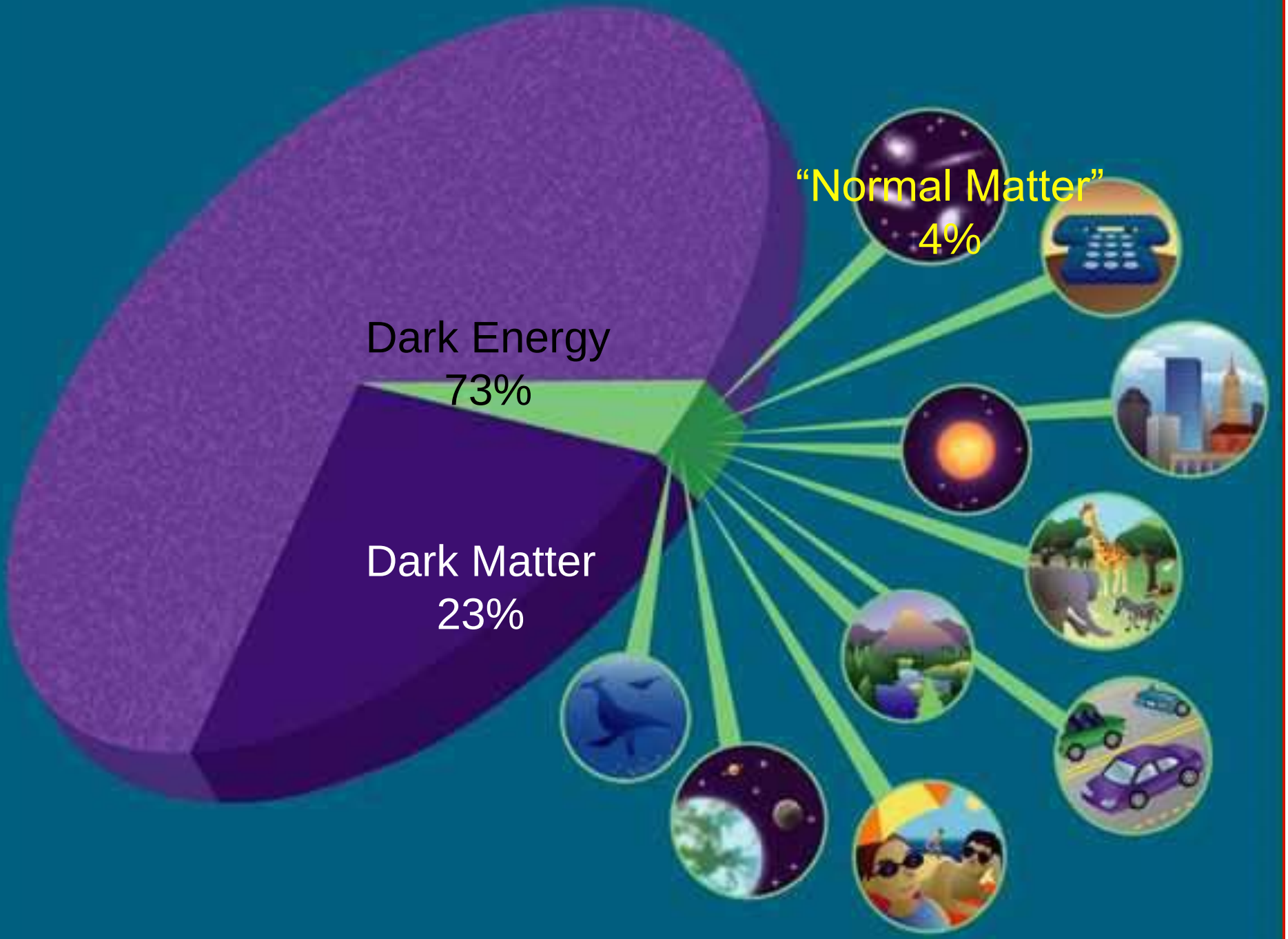

Complementarity
An astronaut falling into a black hole crosses the event horizon without incident, satisfying a prediction of general relativity. The astronaut continues floating along until, approaching the black hole's center, he is spaghettified.
Firewall
A wall of radiation incinerates the unlucky astronaut and blocks entry into the black hole. Information is preserved in this scenario (you can theoretically piece together the astronaut from his ashes), but general relativity is violated.
Event horizon
Firewall

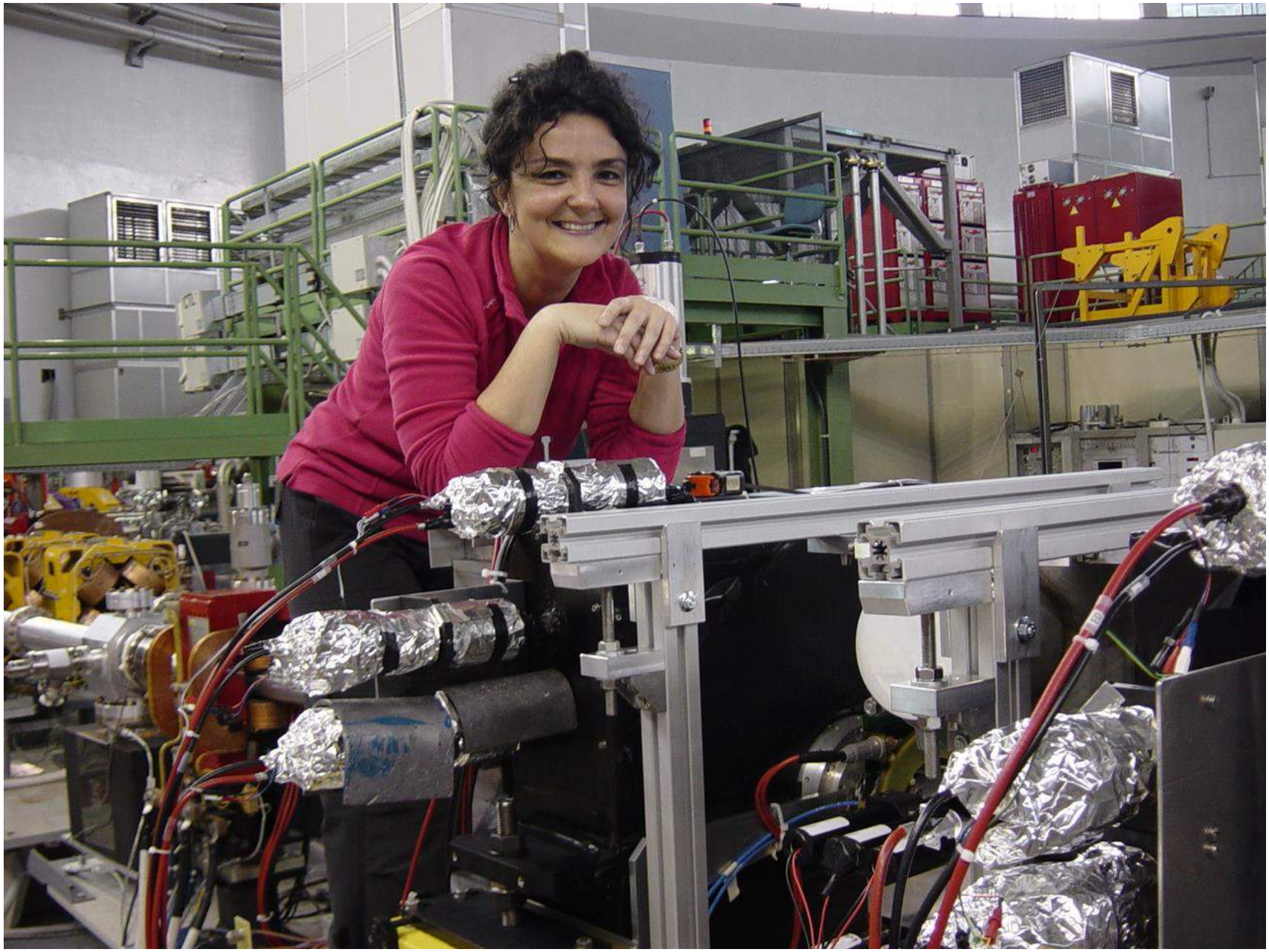
Hot topic

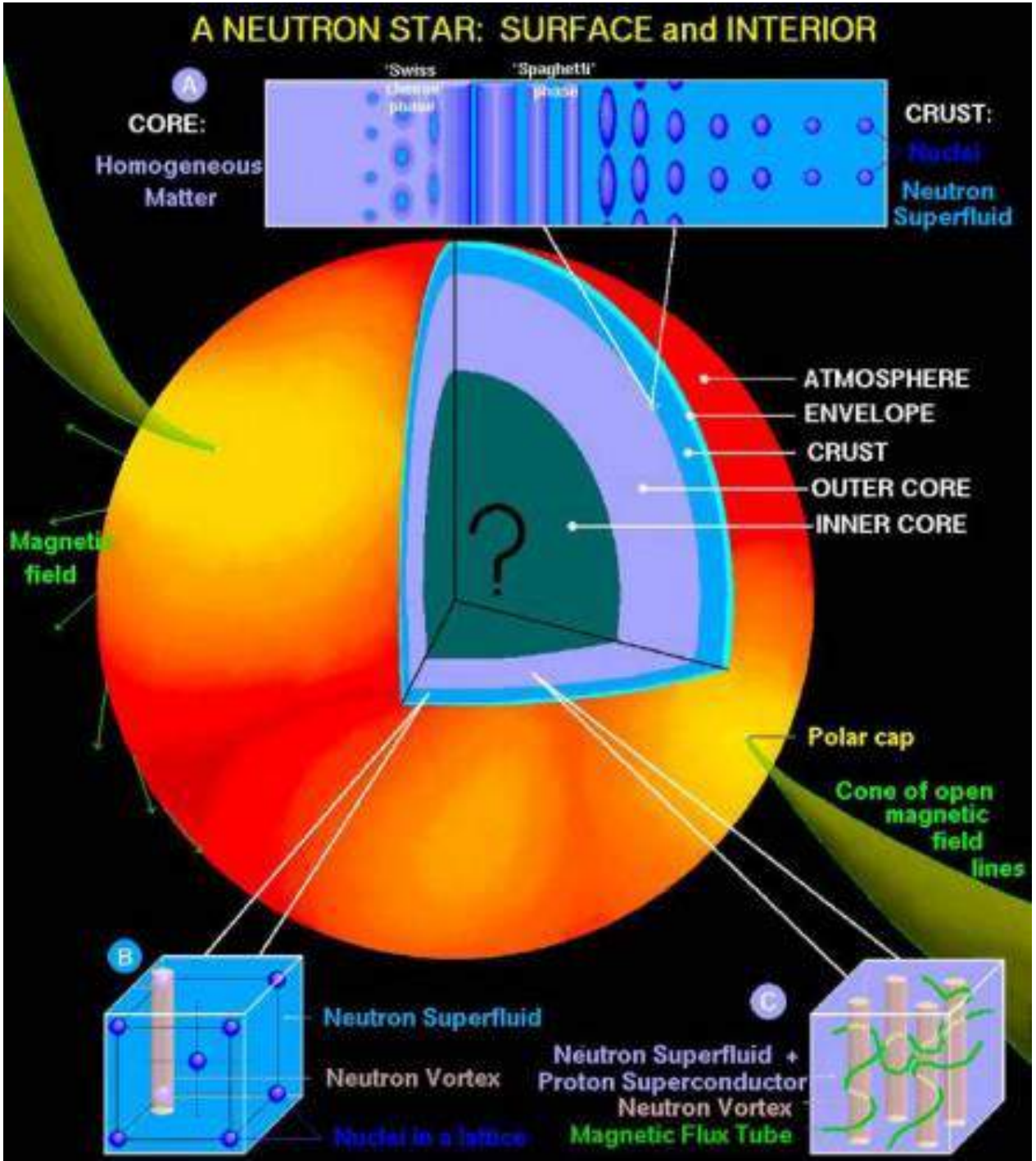


For information to be preserved, outgoing particles of Hawking radiation have to be entangled (quantum linked) to each other. But for general relativity to be correct, particles inside the black hole have to be entangled with particles outside the black hole. Unfortunately, these two entanglements can’t coexist. Breaking one of the entanglements creates a firewall

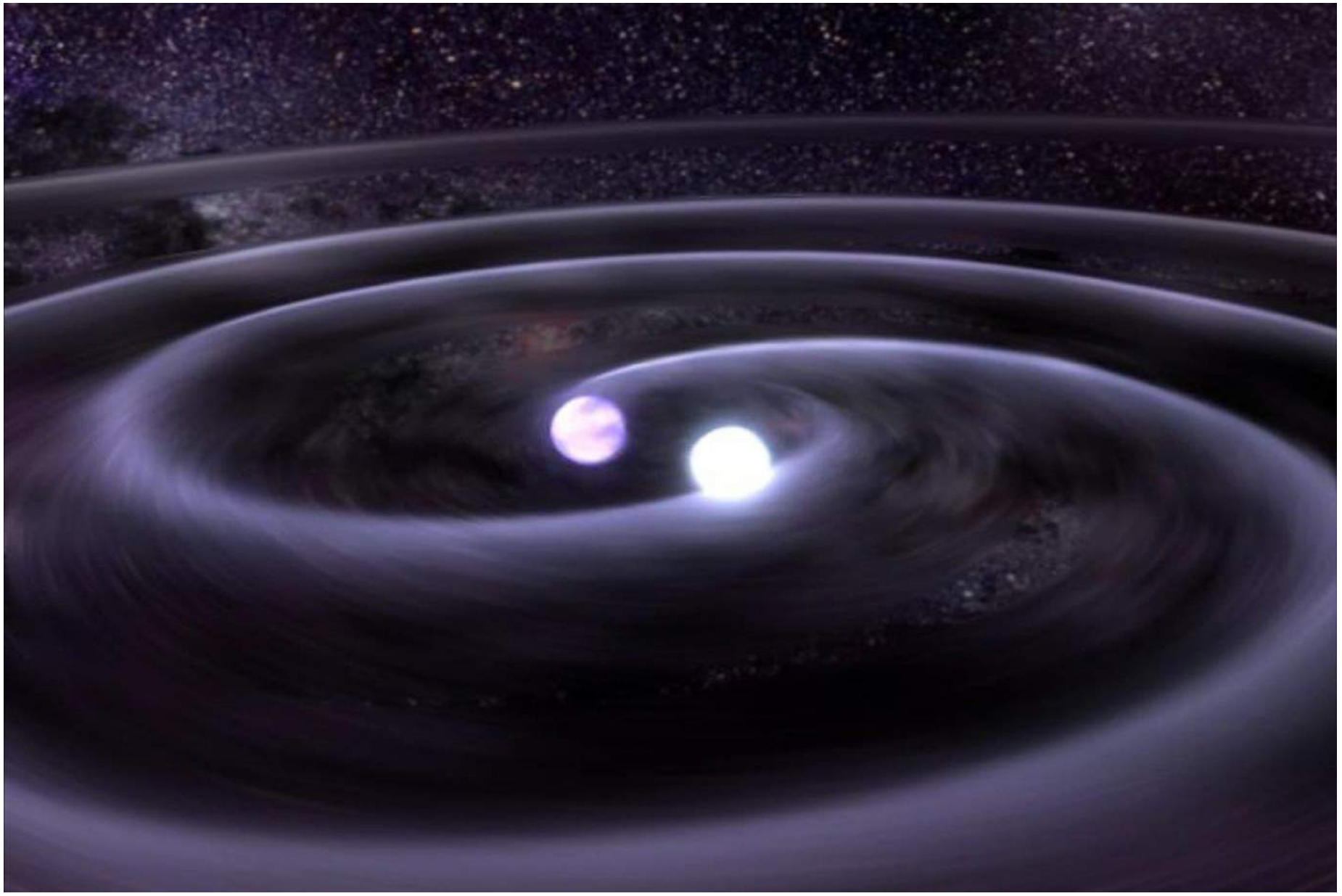
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R\, g_{\mu\nu} + \overset{?}{\Lambda}\, g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$


“Normal Matter”
4%
Dark Energy
73%
Dark Matter
23%




A NEUTRON STAR: SURFACE and INTERIOR
A
CORE:
Homogeneous Matter
'Swiss cheese' phase
'Spaghetti' phase
CRUST:
Nuclei
Neutron Superfluid
ATMOSPHERE
ENVELOPE
CRUST
OUTER CORE
INNER CORE
?
Magnetic field
Polar cap
Cone of open magnetic field lines
B
Neutron Superfluid
Neutron Vortex
Nuclei in a lattice
C
Neutron Superfluid +
Proton Superconductor
Neutron Vortex
Magnetic Flux Tube

Binarie stelle neutroni

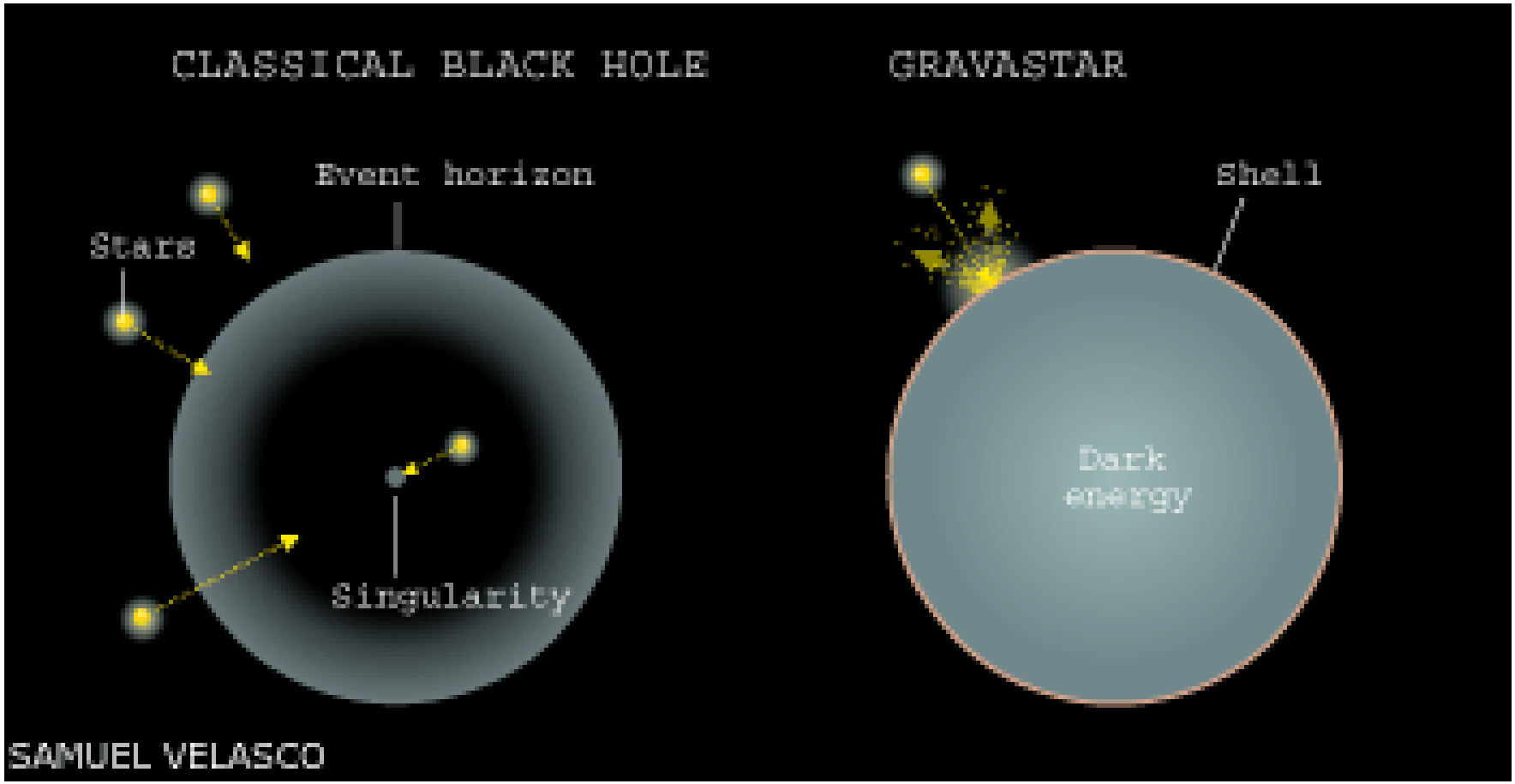


Gravastar???

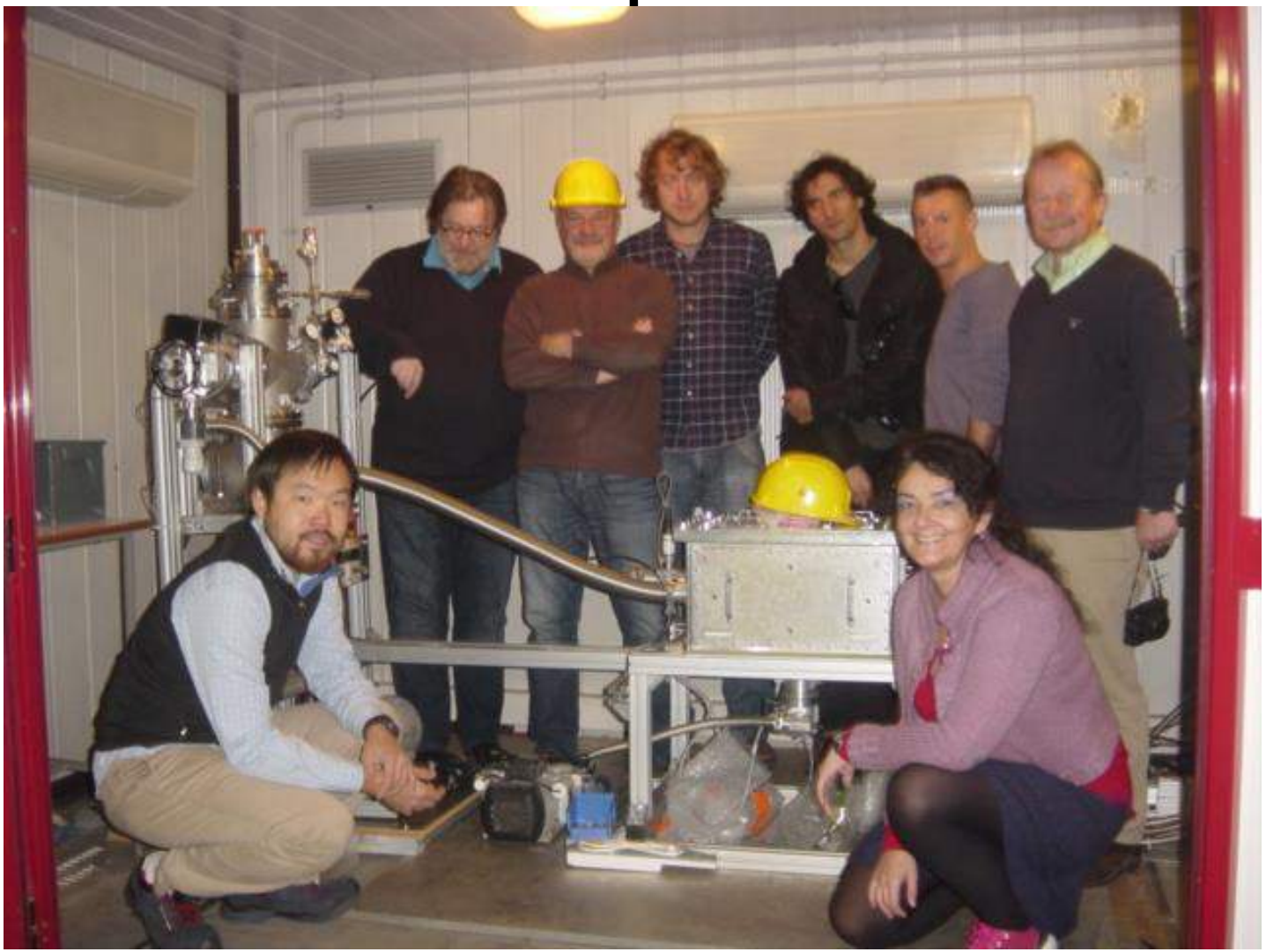
Una gravastar? Che cos'è?

«Le gravastars e i wormholes fanno parte di quelli che in gergo vengono chiamati "*black-hole mimicker*s", ossia oggetti che possono essere tanto compatti quanto un buco nero ma che non possiedono l'orizzonte degli eventi. Una gravastar è una stella esotica, la cui forza gravitazionale è bilanciata da un nucleo interno fatto di energia oscura: in pratica, di materia con una pressione negativa. I wormholes sono invece una sorta di tunnel spaziotemporale che connette due regioni distanti del nostro universo o addirittura due universi diversi. Il punto più stretto del tunnel, detto "gola", è anch'esso, formato da materia esotica, simile a quella delle gravastar.

Gravastar???


CLASSICAL BLACK HOLE
Event horizon
Stars
Singularity
GRAVASTAR
Shell
Dark energy
SAMUEL VELASCO

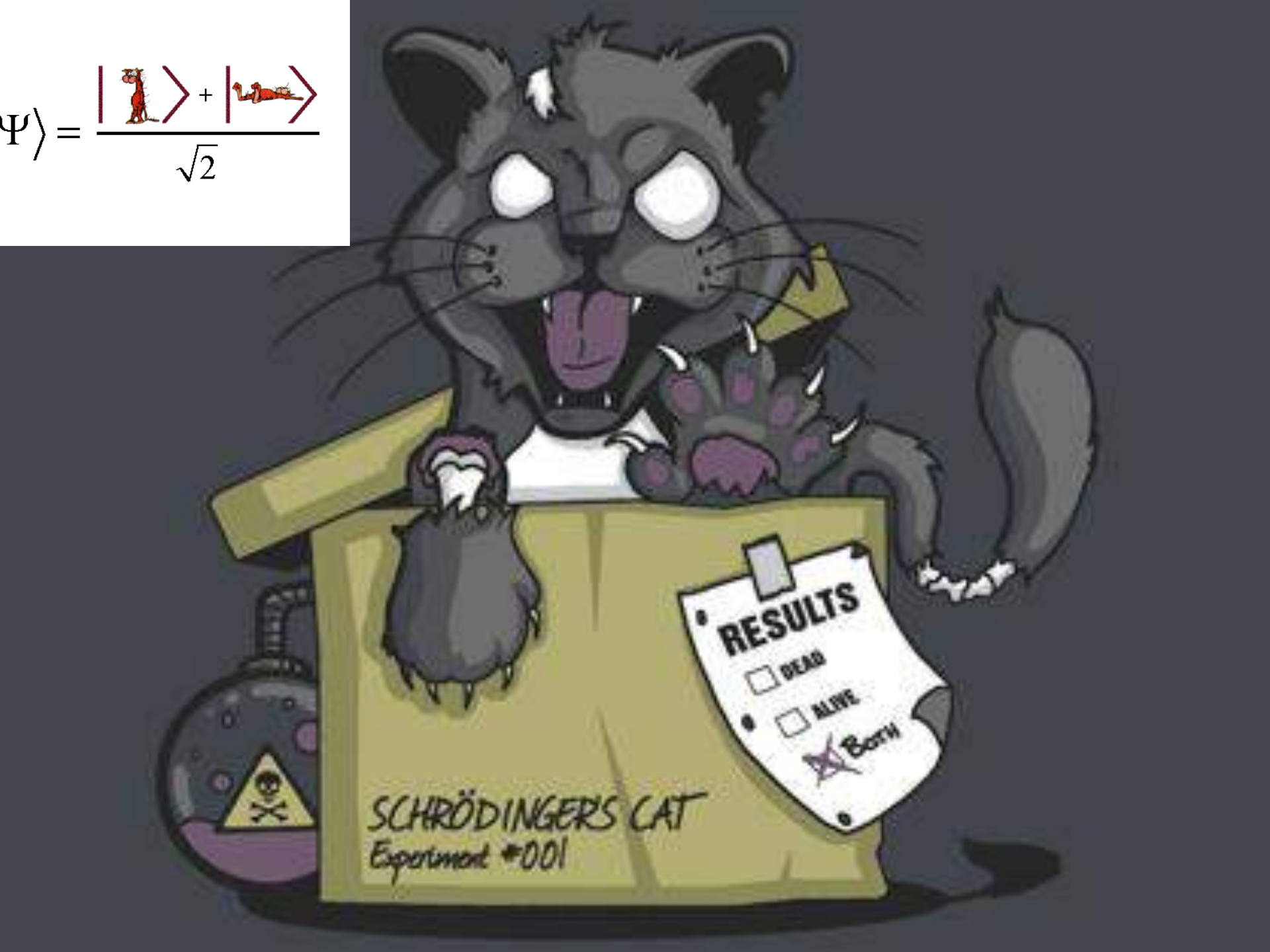
Final setup at LNGS



Principio di sovrapposizione quantistica

$$\Psi = c_1 \psi_1 + c_2 \psi_2$$

$$|\Psi\rangle = \frac{|\text{alive}\rangle + |\text{dead}\rangle}{\sqrt{2}}$$



C'è una teoria che afferma che, se qualcuno scopre esattamente qual è lo scopo dell'universo e perché è qui, esso scomparirà istantaneamente e sarà sostituito da qualcosa di ancora più bizzarro ed inesplicabile. C'è un'altra teoria che dimostra che ciò è già avvenuto. (Douglas Adams)

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 Transilvania (Sinaccy, 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

CURCEANU • DAI BUCHI NERI ALL'ADROTERAPIA