

La creatività della mente umana e la ricerca infinita di un modello della Realtà



Fisica, Modelli e i limiti della Conoscenza

Alessandro Armando Vigliano

16/02/2026

La fisica descrive la Realtà?

O costruisce modelli della Realtà?

Dove ci eravamo lasciati:

Densità media buco nero?

$$R_S(M) = \frac{2GM}{c^2} \rightarrow V_S(M) = \frac{4}{3}\pi R_S^3$$
$$\Rightarrow \langle \rho_S(M) \rangle = \frac{M}{V_S(M)} = \frac{3c^6}{8\pi G^3} \boxed{\frac{1}{M^2}}$$

Buchi neri più grandi hanno densità medie inferiori:

10^6 - 10^9 masse del Sole $\rightarrow$ 10^{12} - 10^{18} meno densi

$\rightarrow$ buchi neri "gentili"



Dove ci eravamo lasciati:

Densità media buco nero?

$$R_S(M) = \frac{2GM}{c^2} \rightarrow V_S(M) = \frac{4}{3}\pi R_S^3$$
$$\Rightarrow \langle \rho_S(M) \rangle = \frac{M}{V_S(M)} = \frac{3c^6}{8\pi G^3} \frac{1}{M^2}$$

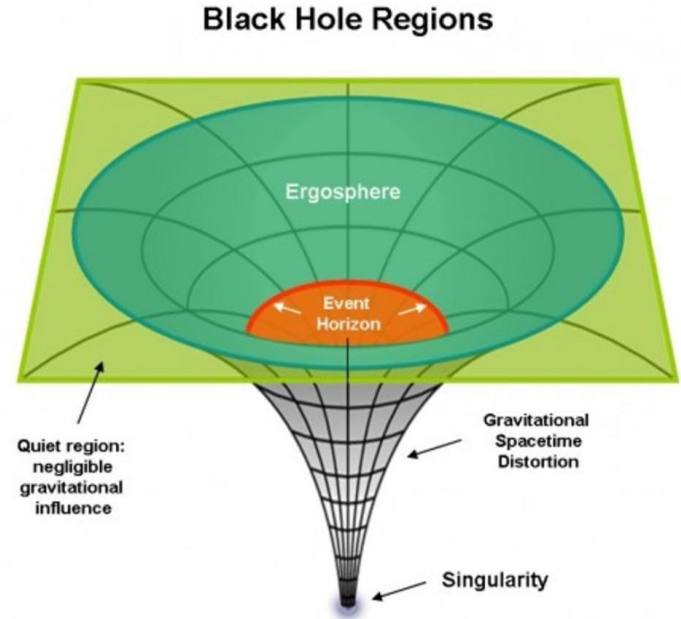
MA

In realtà: $\langle \rho \rangle = 0$ & $\lim_{r \rightarrow 0} \rho(r) \rightarrow +\infty$

La materia è tutta concentrata nella
Singolarità al centro

→ i buchi neri sono perlopiù “vuoti”*

MODELLO FISICO



Cos'è un modello fisico?

- Struttura matematica per fare previsioni
- Regole di corrispondenza con il mondo
- Dominio di validità

Un modello non necessariamente rappresenta la realtà.

È uno strumento di predizione

Perchè servono i modelli?

- Accesso limitato ai fenomeni
- Enorme complessità
- Necessità di previsione

I modelli ci permettono di strutturare la nostra
comprensione del mondo,
MA

Realtà non necessariamente è uguale al modello
(Anche quando il modello funziona perfettamente)

I modelli e il Mondo

Ogni teoria fondamentale ha sostituito la precedente.

Nessuna è stata definitiva e ad ogni nuova teoria il mondo cambia.

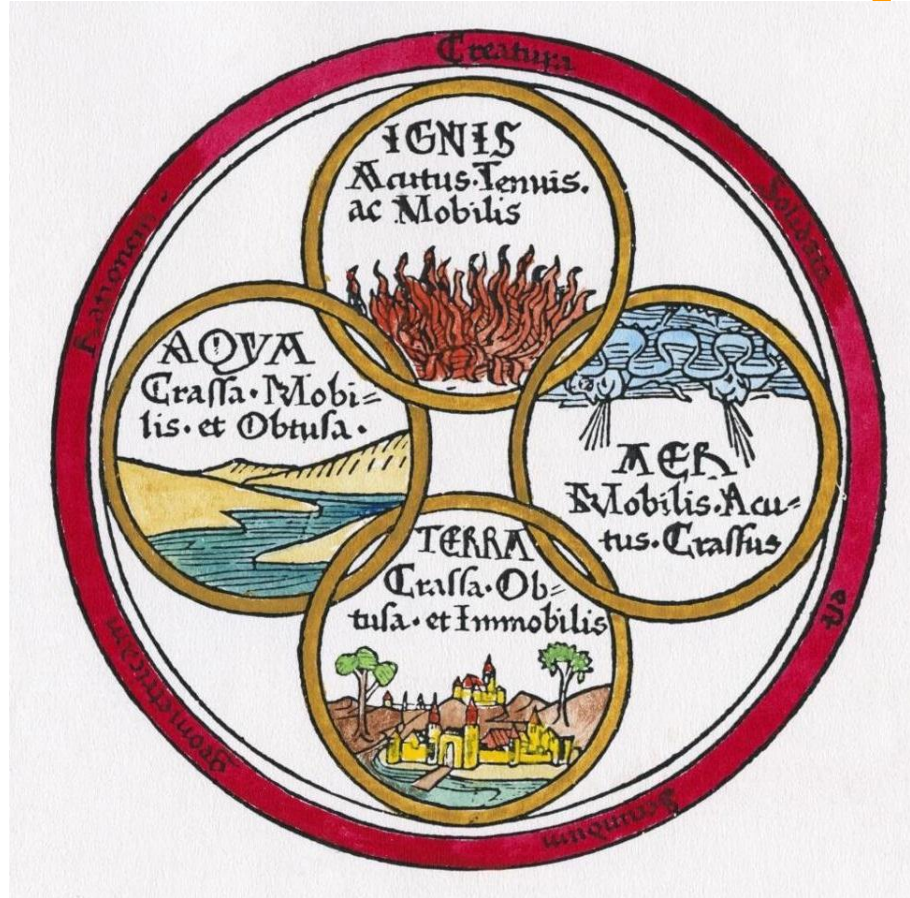
Esempio:

la gravità

Aristotele: teoria delle qualità



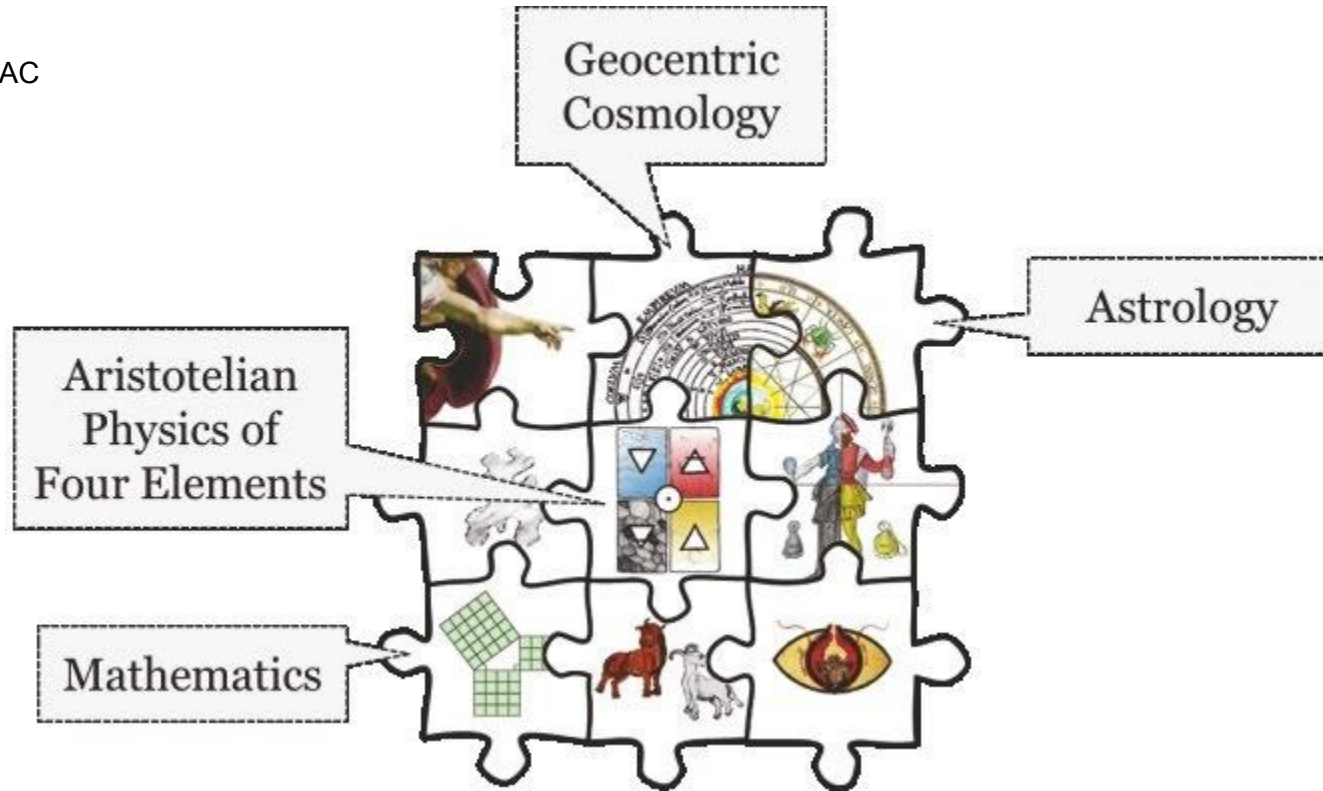
384-322 AC



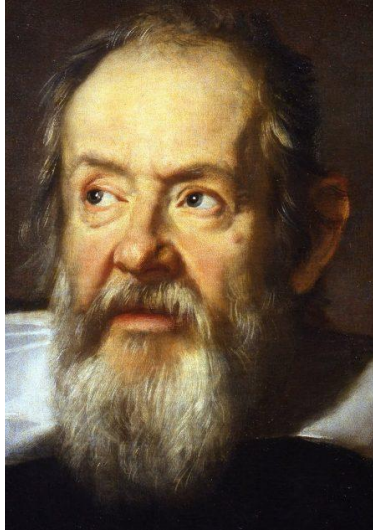
- Esistono **4 qualità** o elementi
- I corpi si muovono per raggiungere il loro **luogo naturale**.
La terra (elemento pesante) va verso il basso, il fuoco (leggero) verso l'alto.
- In assenza di ostacoli **corpi più pesanti cadono più velocemente**
- Qualsiasi movimento contrario alla natura dell'oggetto (es. sasso lanciato in alto) richiede una forza continua; una volta cessata la spinta, il corpo torna al suo luogo naturale.
- Non esiste il vuoto

La Realtà al tempo di Aristotele

384-322 AC



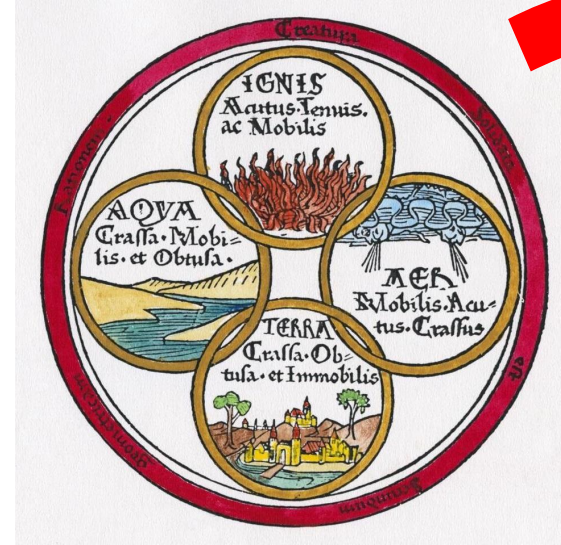
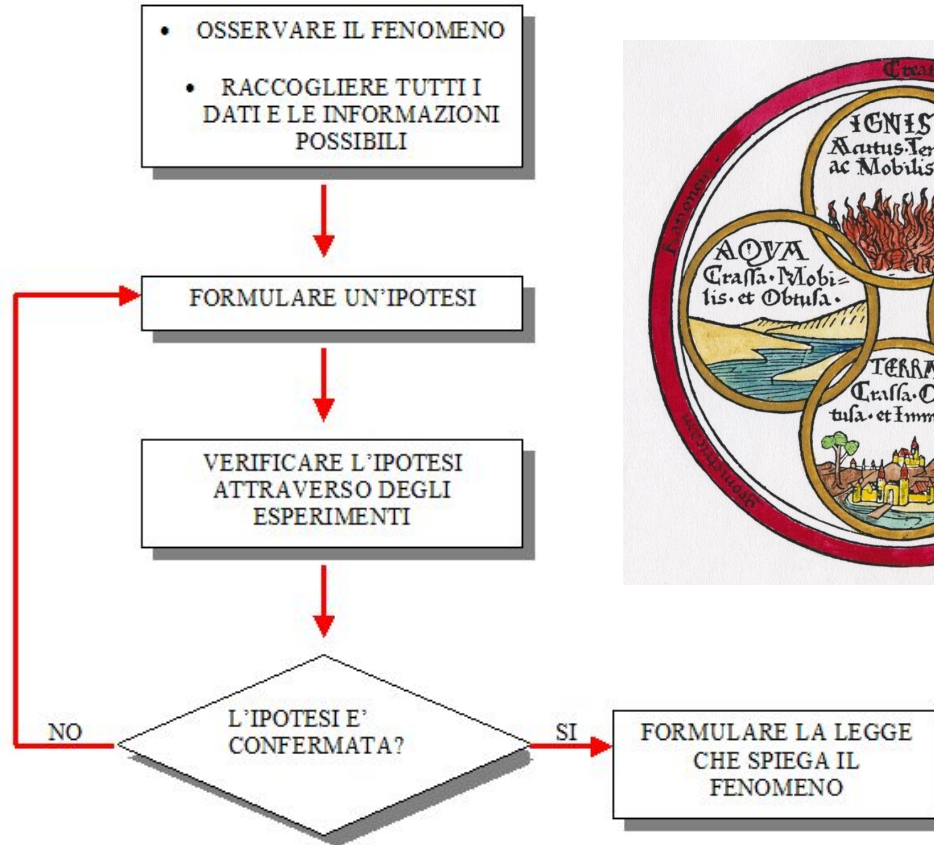
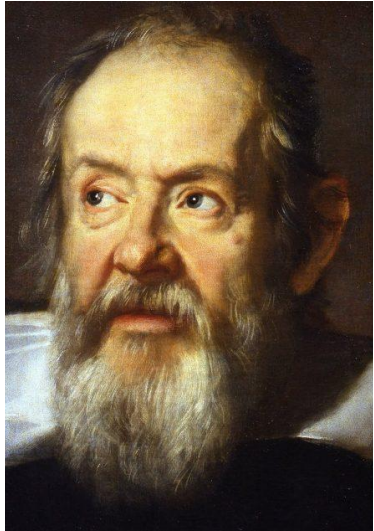
Galileo: metodo sperimentale



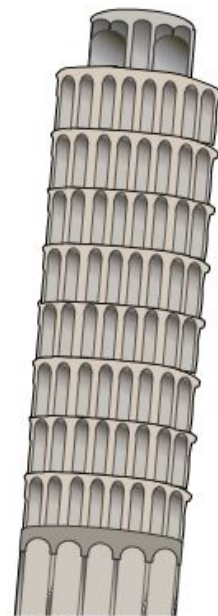
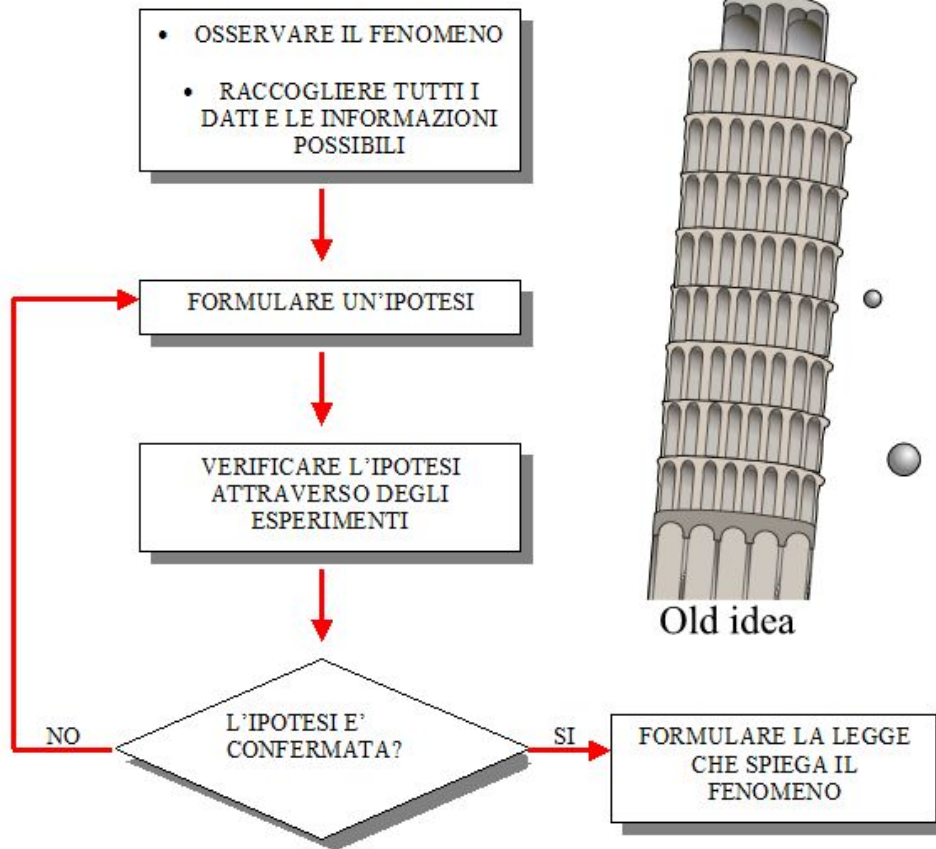
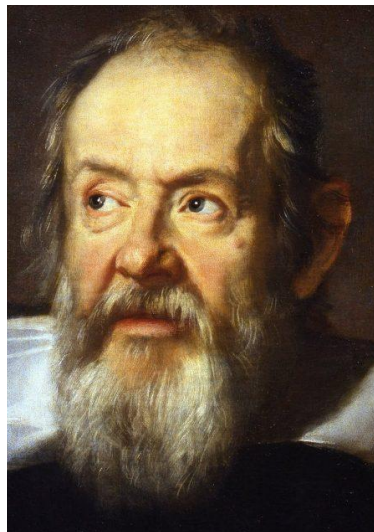
1564-1642



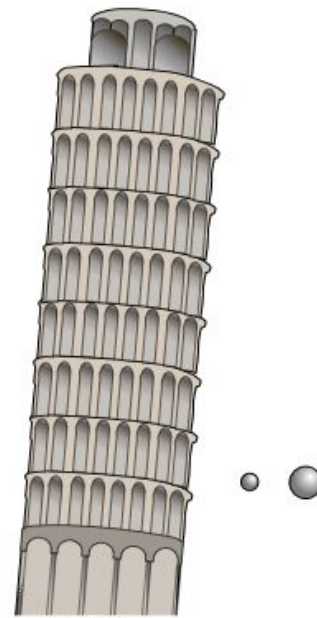
Galileo: metodo sperimentale



Galileo: metodo sperimentale

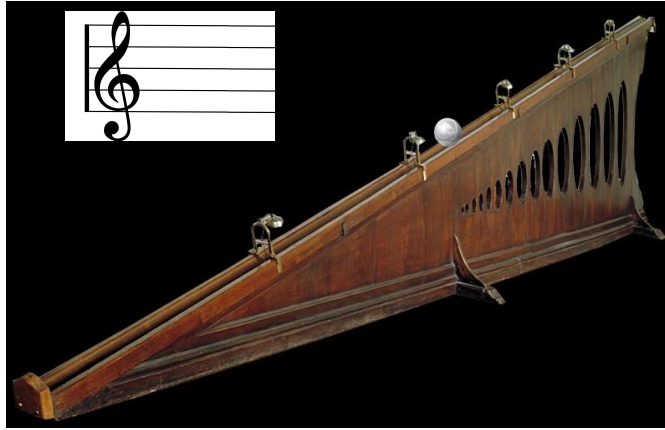
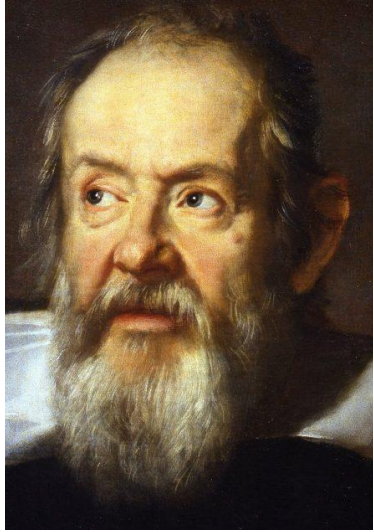


Old idea



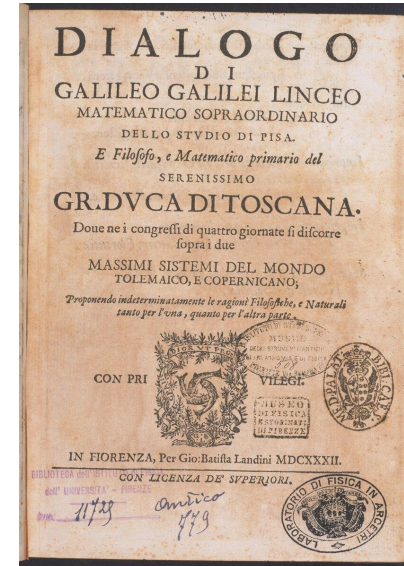
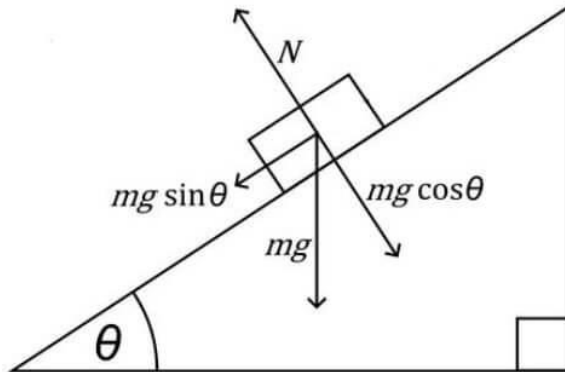
Galileo

Galileo: metodo sperimentale

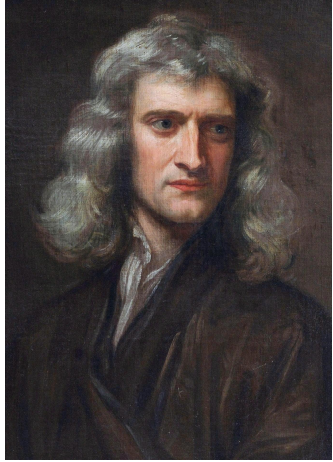


$$\begin{cases} x = x' + v_0 t \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases} \quad \Longleftrightarrow \quad \begin{cases} x' = x - v_0 t \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

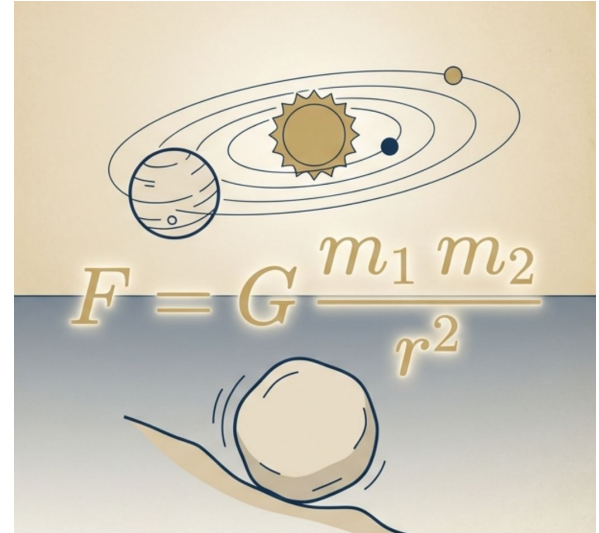
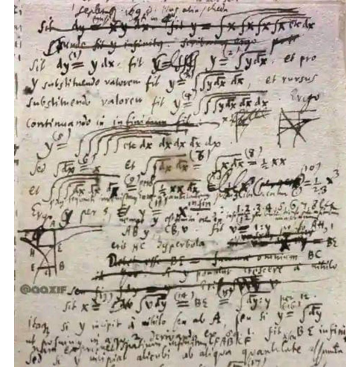
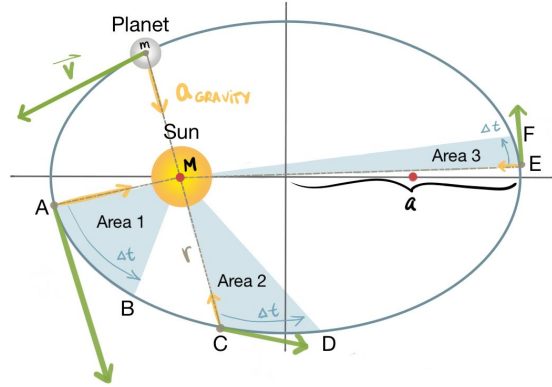
primo osservatore secondo osservatore



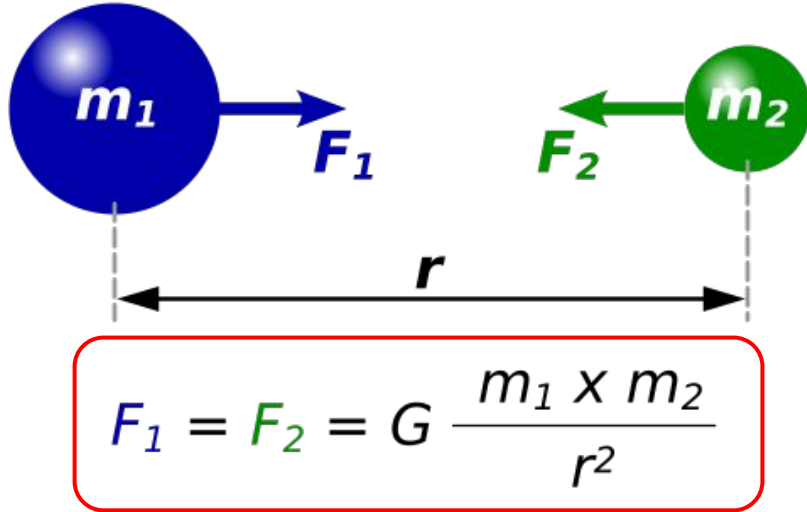
Newton: gravitazione Universale



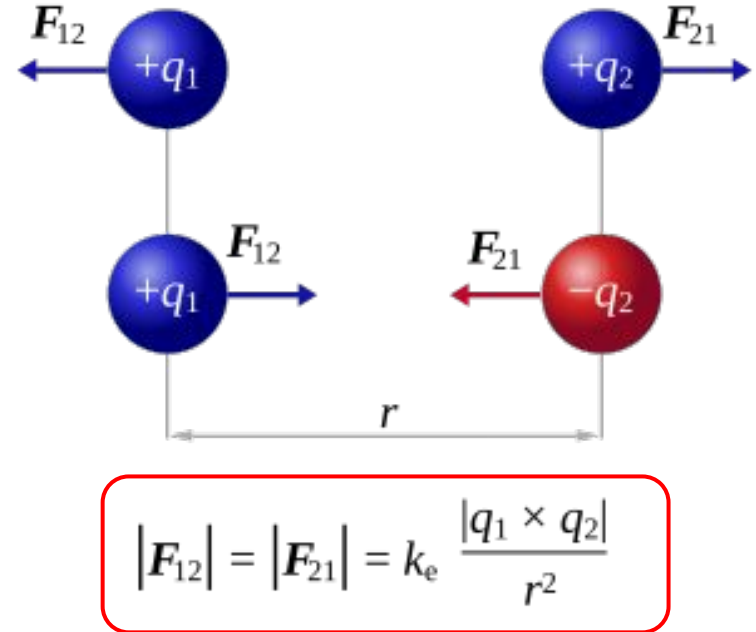
1643-1727



Meccanismo Universale?



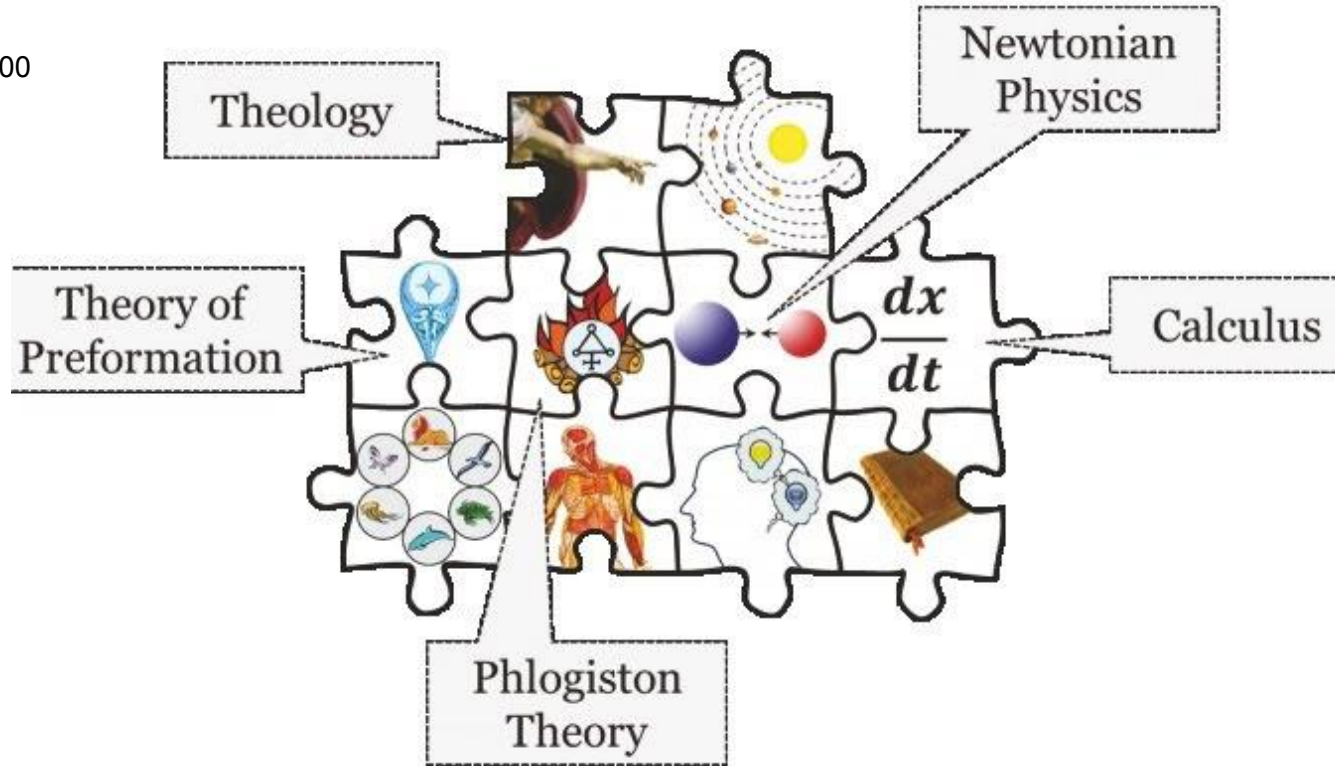
Coulomb: 1736-1806



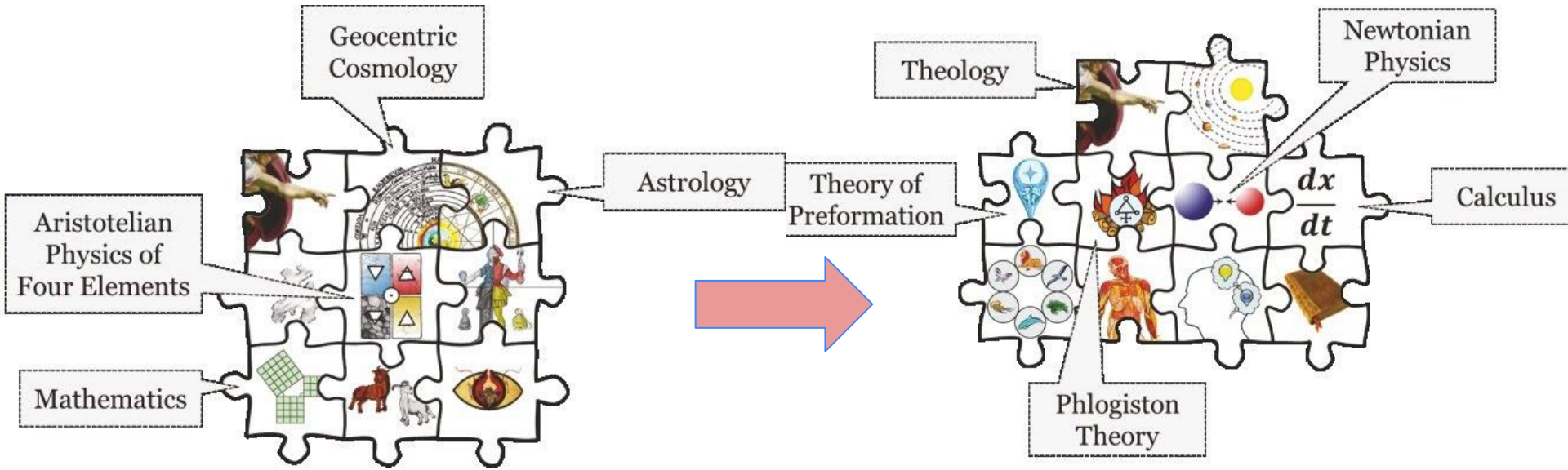
Stessa matematica!
→ meccanismo universale?

La Realtà Classica

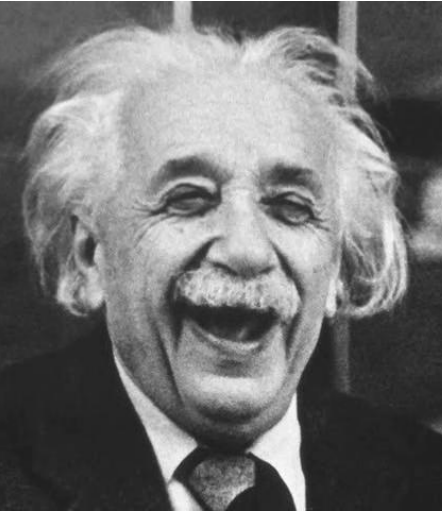
1600-1900



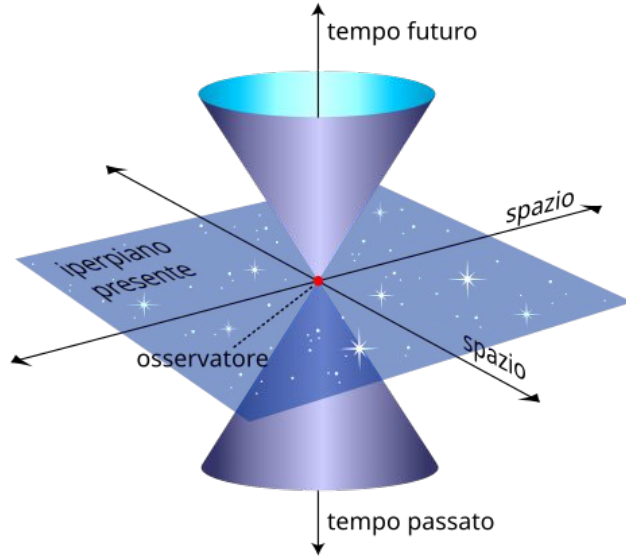
La Realtà Classica



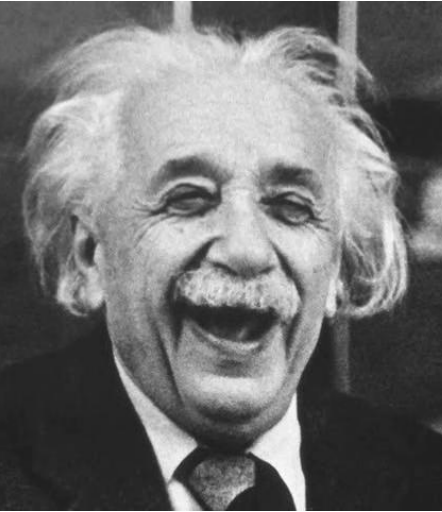
Einstein: Relatività Speciale



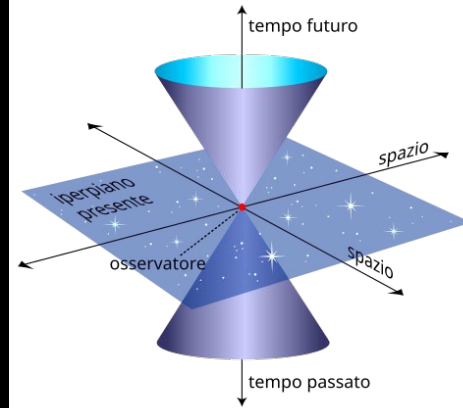
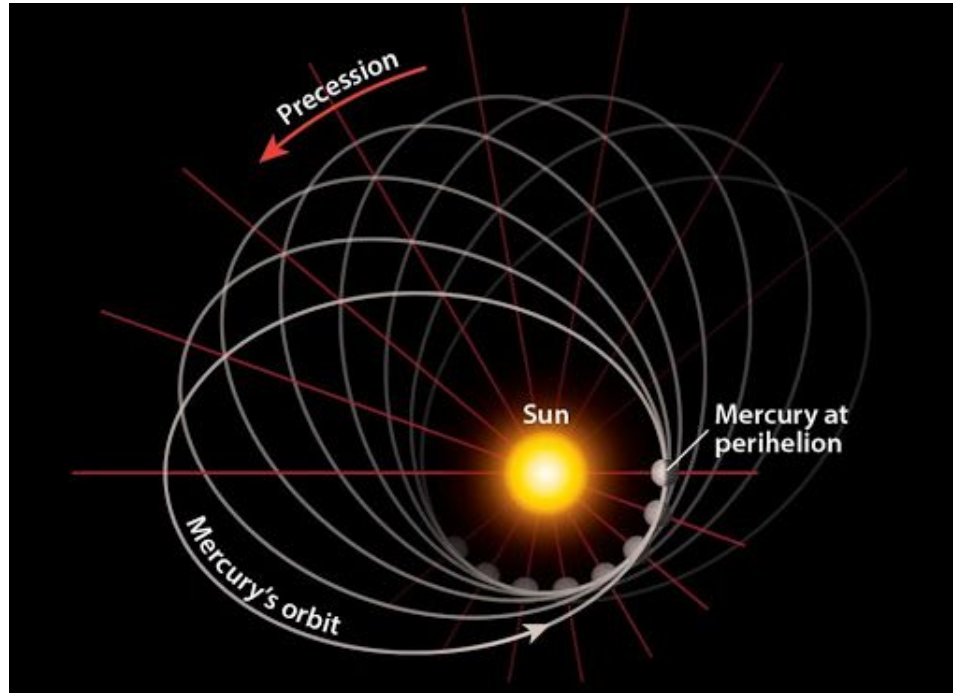
1905



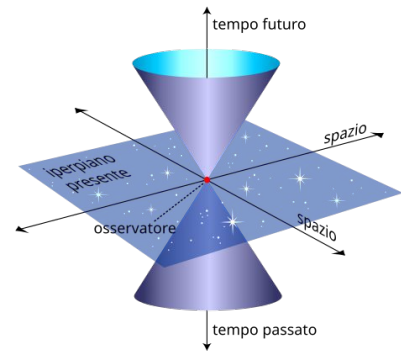
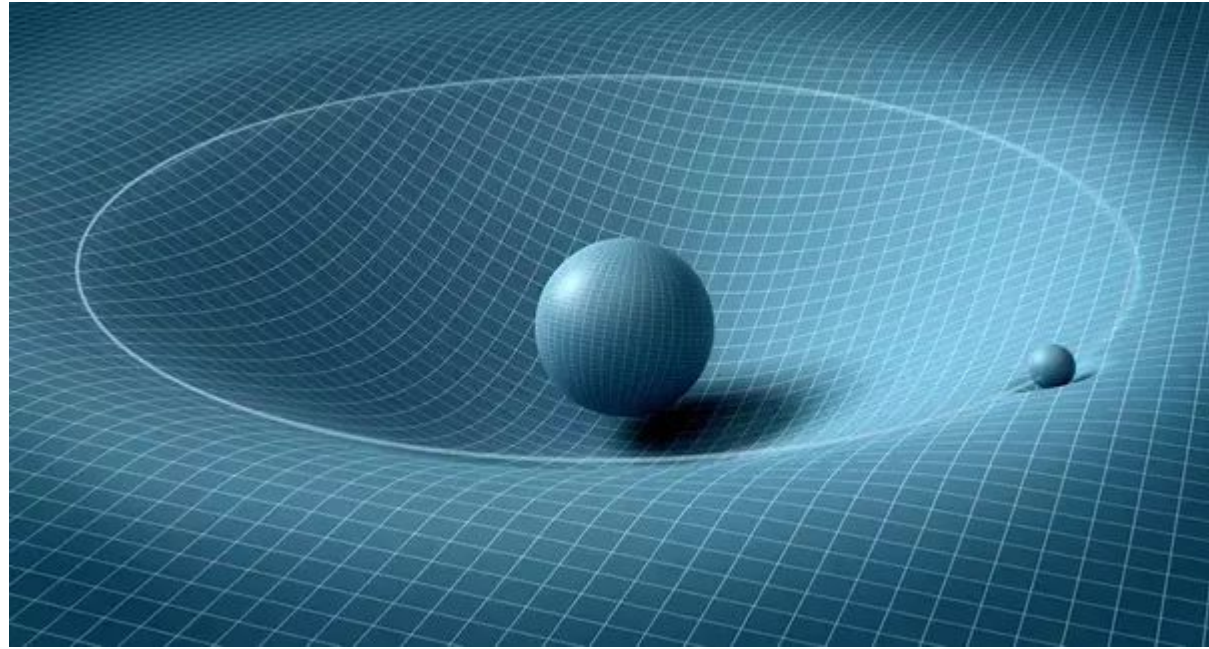
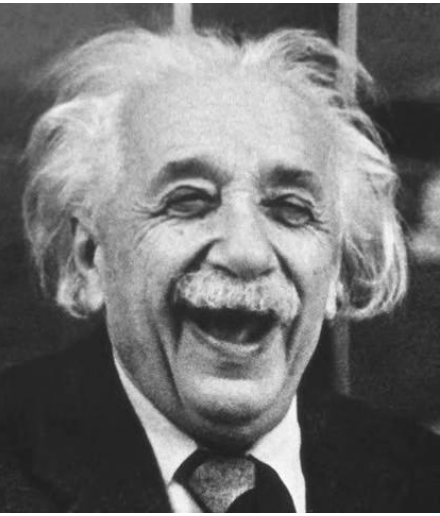
Einstein: Relatività Generale



1915

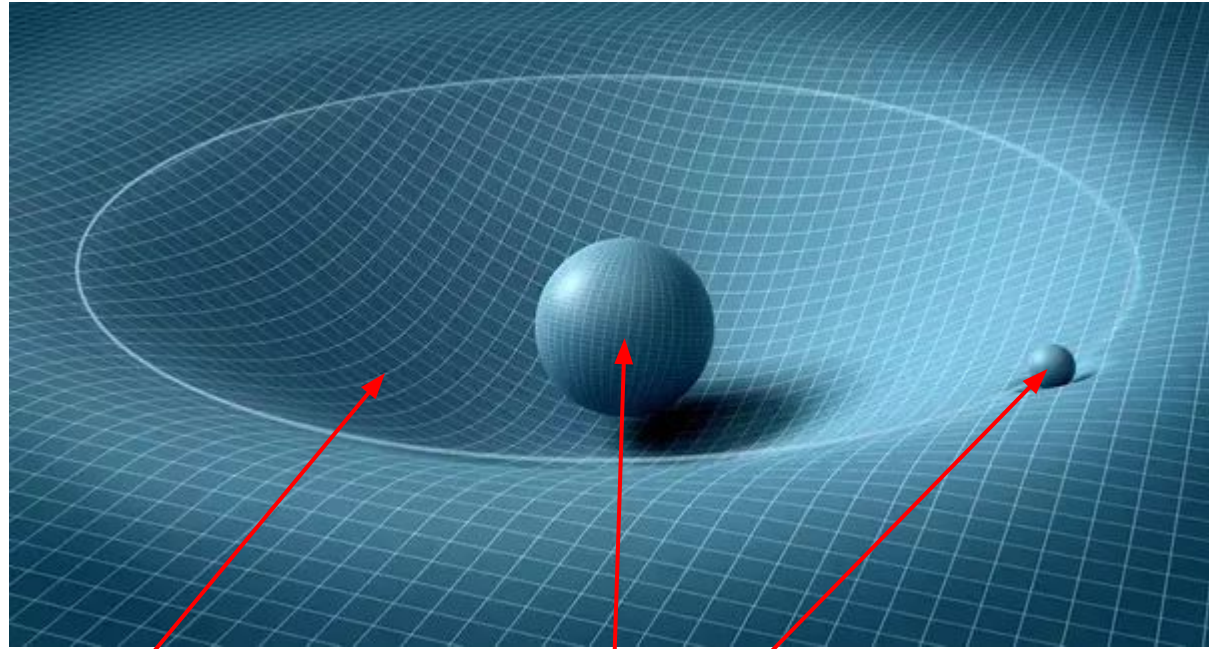
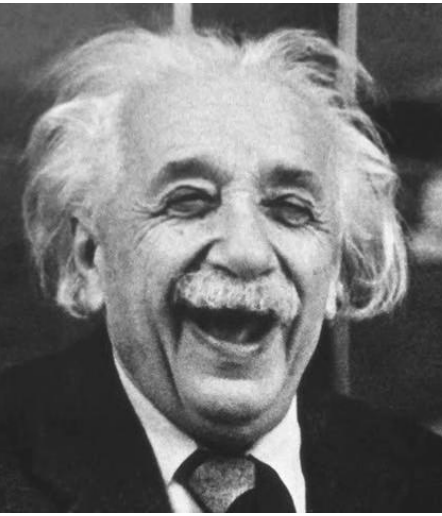


Einstein: Relatività Generale



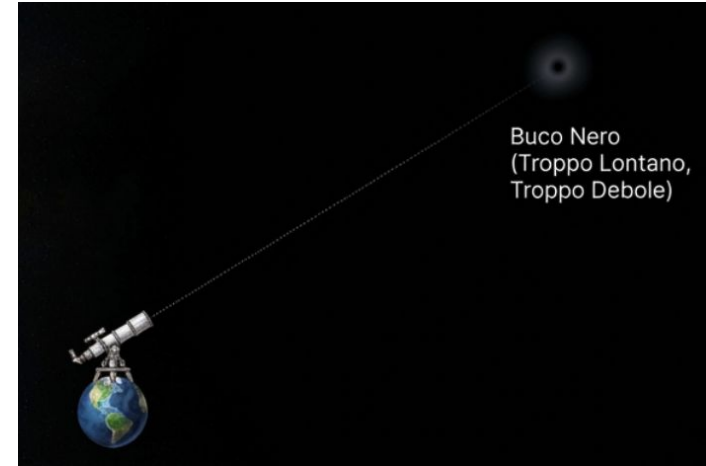
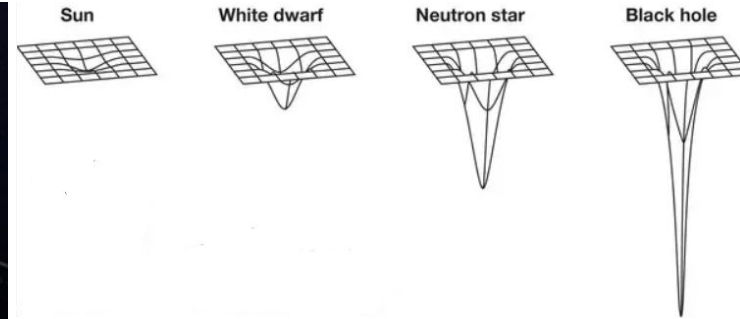
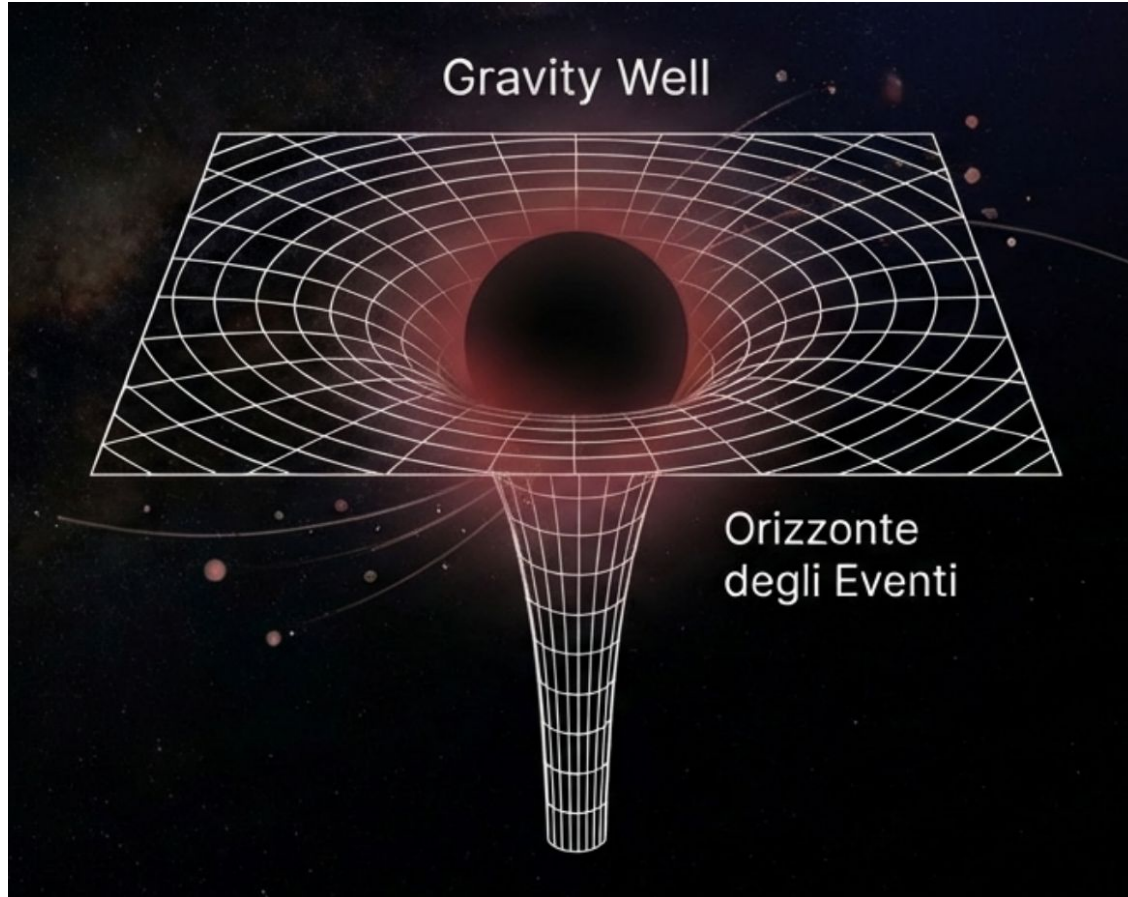
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Einstein: Relatività Generale

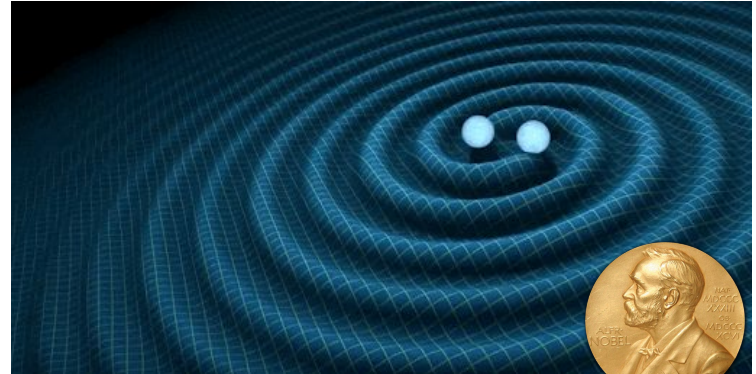
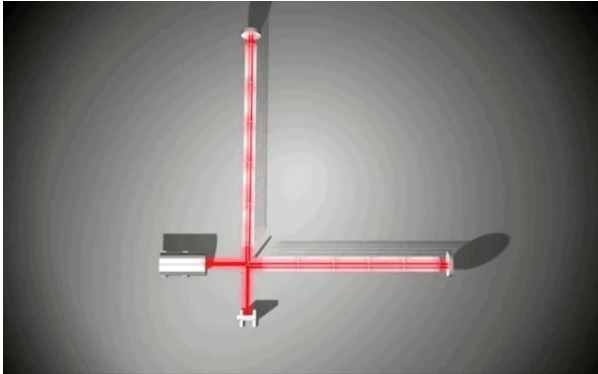
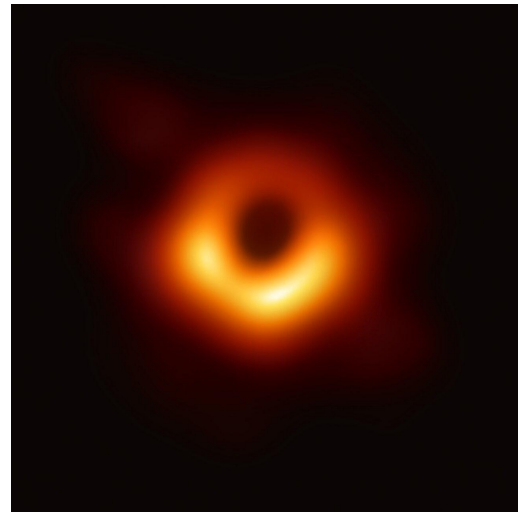
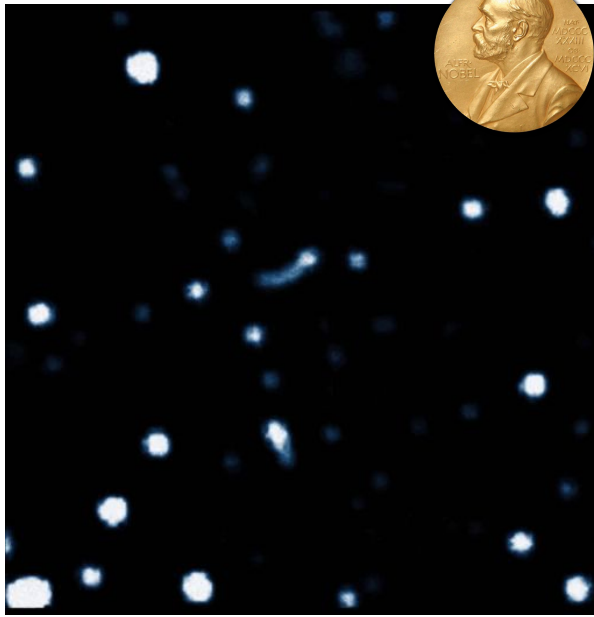


$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Buchi Neri



Buchi Neri



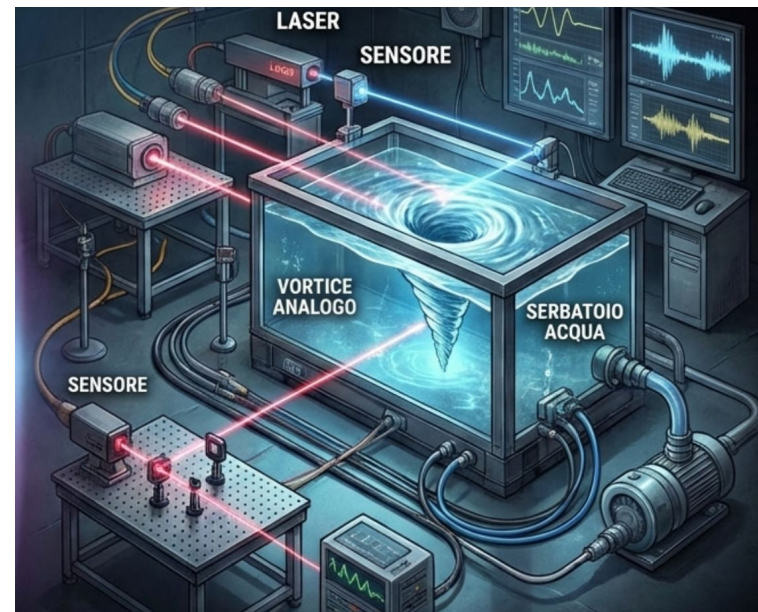
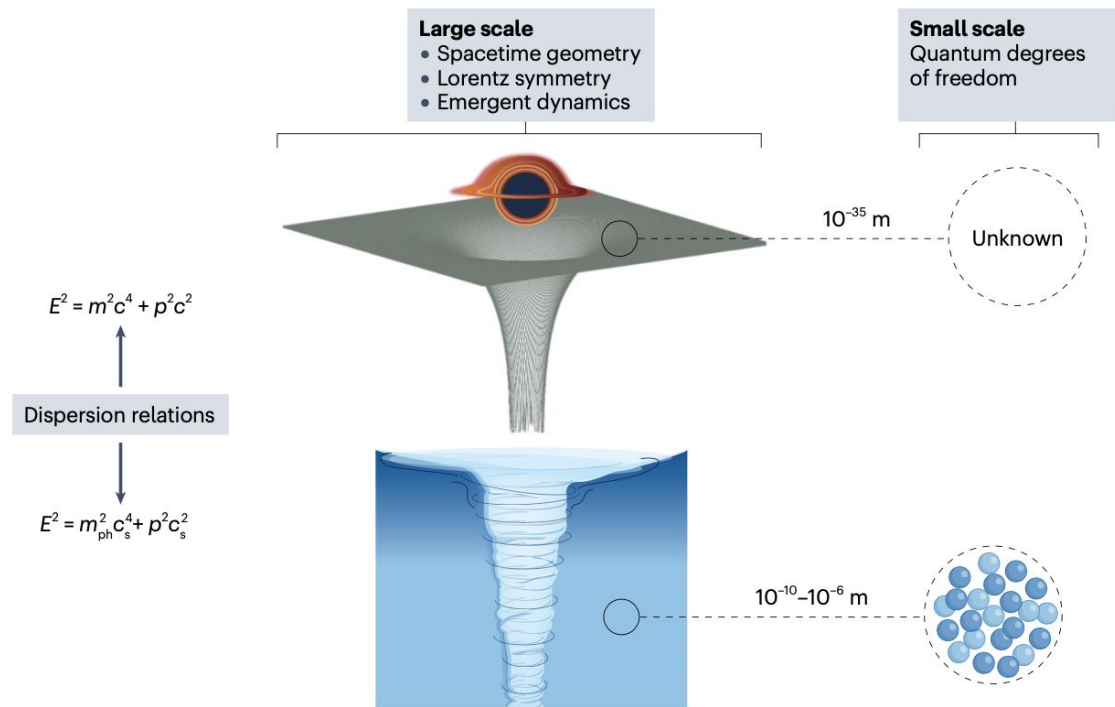
L'Intuizione di Unruh (1981)

- La Gravità Analoga: William Unruh dimostra un'identità matematica.
- Onde Sonore nel Fluido = Onde gravitazionali
- Flusso dell'Acqua = Geometria dello Spaziotempo.

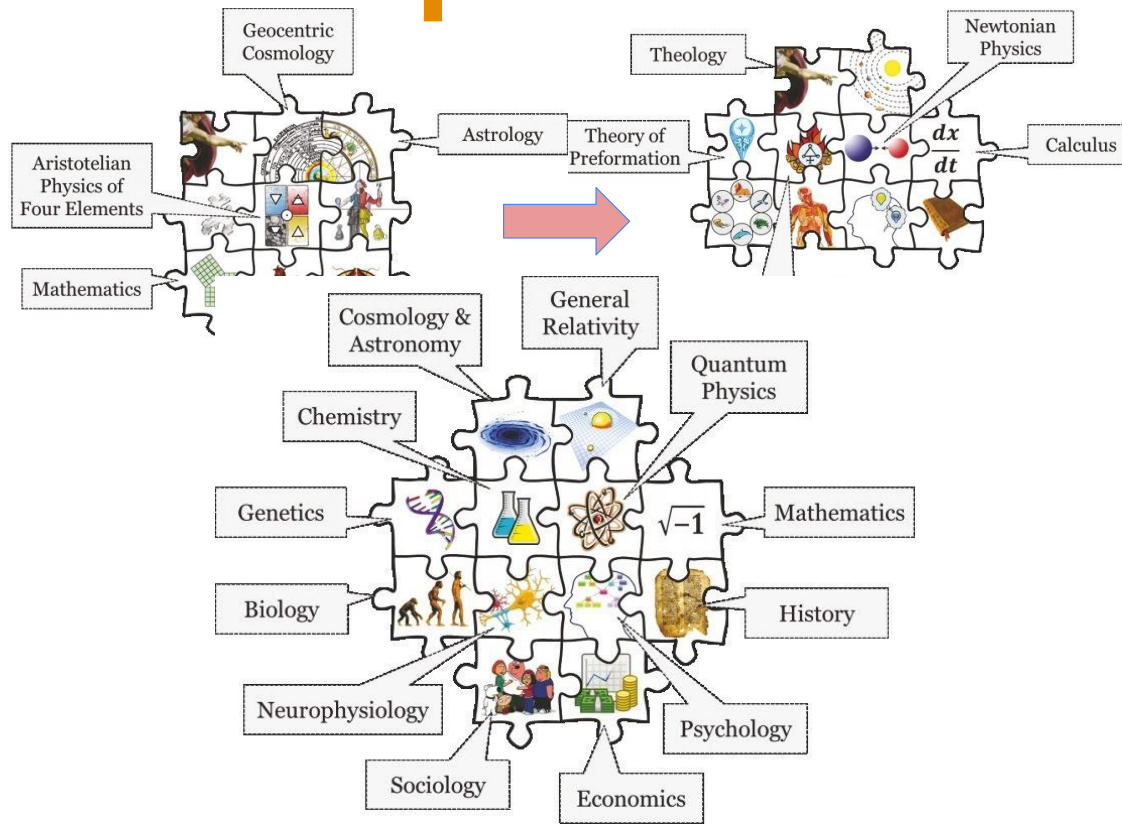
$$ds^2 = -c^2 \left(1 - \frac{2GM}{rc^2} \right) dt^2 + \\ + \left(1 - \frac{2GM}{rc^2} \right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2$$

$$\frac{1}{c_s^2} \partial_t^2 \psi - \nabla^2 \psi = 0$$

Possiamo studiare un buco nero senza avere un buco nero!



Le teorie evolvono, ma la Realtà è sempre la stessa



Stessi modelli, mondi diversi?

La matematica descrive la materia o la struttura delle relazioni?

- Equazioni di Newton:
 - Gravità (a basse energie)
 - Elettromagnetismo (a basse energie)
- Modelli analoghi:
 - buchi neri
 - onde sonore nei fluidi
- Crescita esponenziale:
 - Decadimenti radioattivi
 - Crescita batterica
 - Interesse composto (finanza)
- Equazione logistica:
 - Biologia
 - Medicina
 - Economia
 - Tecnologia
 - Sociologia

Se le stesse equazioni descrivono fenomeni completamente diversi, significa che sono **intimamente legate alla Realtà** o che semplicemente usiamo **modelli semplici** per fenomeni diversi senza carpirne fino in fondo **l'essenza**?

È davvero tutto qui?

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i \bar{\psi} \not{D} \psi \\ & + \chi_i Y_{ij} \chi_j \phi + \text{h.c.} \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$