

..Viaggio nel mondo della *fisica*..

L'evoluzione: da quella classica a quella moderna, vista attraverso gli occhi delle più grandi menti fisiche e matematiche..

..Fino ad approdare alle “oscure” teorie quantistiche..

..Il tutto analizzato attraverso le varie interpretazioni di

SPAZIO e TEMPO

*FONDATA
DI OGNI PENSIERO
FILOSOFICO*

*“ARMATURA INVISIBILE
CHE DA FORMA E
STRUTTURA ALL’
UNIVERSO”*

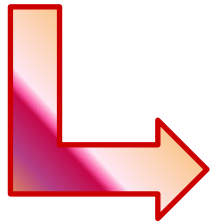


...Un tuffo nel passato

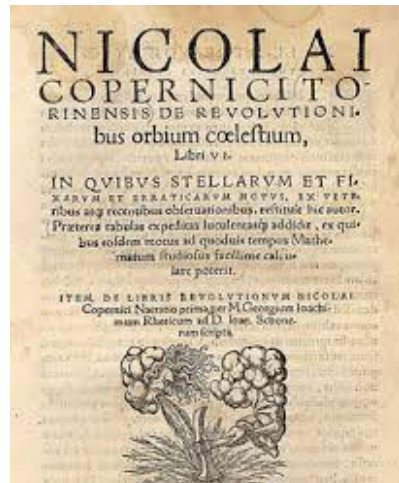


Abbandono della cosmologia aristotelica:

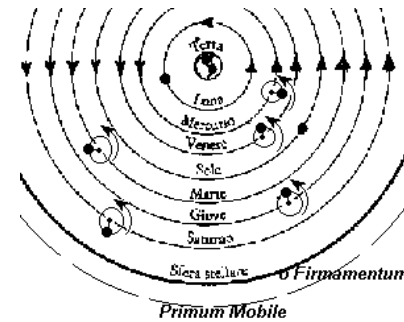
- Cosmo finito e spazialmente ordinato, racchiuso all'interno di sfere celesti
- Terra → acqua, terra, fuoco, aria
- Cieli → etere
- Gravità : corpi verso luoghi naturali



“De revolutionibus orbium coelestium”
Copernico, impronta la rivoluzione astronomica



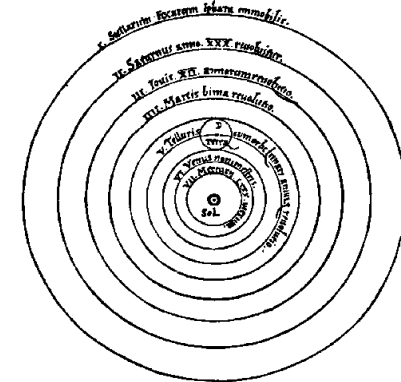
da



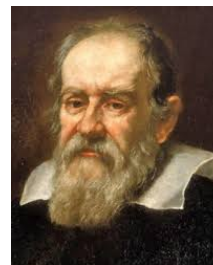
-Sistema aristotelico-tolemaico-

a

-Sistema copernicano-



..con il successivo contributo di
Giordano Bruno e
Galileo Galilei



...entra in scena.....



**ISAAC
NEWTON**

Padre della fisica classica!

SPAZIO

TEMPO

“contenitori vuoti”

Assoluto:

-Sempre uguale, immobile, infinito

← Preso al posto

Relativo:

-Misura mobile dello spazio assoluto, relativo alla posizione dei corpi

Assoluto o durata:

-Scorre uniforme, non relazionato a niente di esterno

← Preso al posto

Relativo:

-Misura sensibile esterna alla durata, sono l'ora, il giorno e l'anno

SPAZIO & TEMPO →→→→ ENTITA' DISTINTE →→→→ ASSOLUTE E UNIVERSALI



Lo spazio-tempo di Newton

Nella concezione di Newton, lo spazio, rappresentato graficamente da una autostrada che si intreccia, ed il tempo, che scorre lungo un binario che procede lungo una direzione all'infinito, sono due entità distinte e separate. Spazio e tempo sono assoluti e universali, per qualsiasi osservatore.



Il Tempo è indipendente dallo Spazio
Esso non ha una "forma" ed è diretto
lungo una determinata direzione.

“Lo spazio assoluto, per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, rimane sempre uguale e immobile; lo spazio relativo è una misura o dimensione mobile dello spazio assoluto, che i nostri sensi definiscono in relazione alla sua posizione rispetto ai corpi, ed è comunemente preso al posto dello spazio immobile.”

“Il tempo assoluto, vero matematico, in sé è per sua natura senza relazione ad alcunché di esterno, scorre uniformemente, e con altro nome è chiamato durata; quello relativo, apparente e volgare, è una misura sensibile ed esterna alla durata, che comunemente viene impiegata al posto del vero tempo: tali sono l’ora, il giorno e l’anno. Di fatto, quindi, spazio e tempo sono per Newton dei contenitori infiniti e sempre uguali a se stessi, a prescindere dalla posizione e dal movimento dei corpi al loro interno.

MONDO DI NEWTON

Spazio infinito e senza centro, attraversato da particelle
Mondo di Democrito
“matematizzato”



Di che cosa è fatto il mondo?



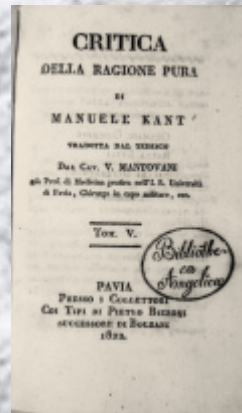
...lo stesso che canterà Leopardi:

“[...] interminati spazi di là da quella, e sovrumani silenzi, e profondissima quiete io nel pensier mi fingo. [...]



*Newton influenzerà
anche la filosofia di:*

**IMMANUEL
KANT**



*Improntata sul
modello
SALDO e
CERTO di
scienza
proposto da
Isaac Newton*

MA

..con qualche differenza!

..rivoluziona i concetti di

SPAZIO & TEMPO

✦ ~~NON PIU' INDIPENDENTI DAL SOGGETTO, OGGETTIVI~~

Rispetto alla concezione che di spazio e tempo aveva Newton, Kant ne riconosce, come lo scienziato inglese, il carattere *originario*, ma nega il loro carattere oggettivo.

Spazio e tempo non sono *esistenti per sé*, ma sono funzioni **soggettive** con cui ordiniamo i dati forniti dalle sensazioni.



MA DI CARATTERE
SOGGETTIVO

*...riprendendo
in parte le tesi
di Locke e
degli empiristi
e di Leibniz*

✦ INTUZIONI
PURE DELLA
SENSIBILITA'

✦ CONDIZIONE
DI
POSSIBILITA'
DEI FENOMENI
(quindi di tutto il
reale)

✦ NON DERIVATI
DALL'ESPERIENZA

TEORIA DELLA "NEBULOSA SOLARE"-1755,

KANT

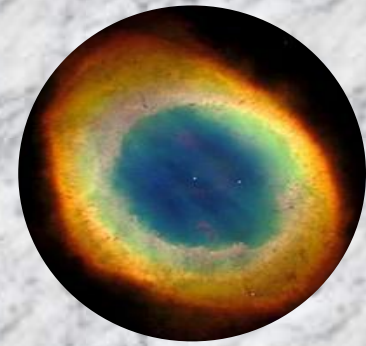
LAPLACE

Ne cura la parte matematica..

Sulla GENESI DEL SISTEMA SOLARE

NEWTON!

Causata dalla forza di attrazione



SPAZIO E TEMPO

Da: CONDIZIONE DI POSSIBILITA' DELLA NOSTRA ESPERIENZA

A: CONDIZIONE DI POSSIBILITA' DELLA NOSTRA ESISTENZA

<p>La polvere della nebulosa entra in rotazione e si riscalda</p>	<p>La polvere si addensa sul piano equatoriale</p>
<p>Si verificano degli addensamenti di materia</p>	<p>Si formano i protopianeti</p>

...Ma la fisica di Newton non è sufficiente...

→ Non c'è solo la forza di gravità che spinge e tira i corpi..



Michael Faraday

James Maxwell

intervengono...

MICHAEL FARADAY

&

JAMES MAXWELL

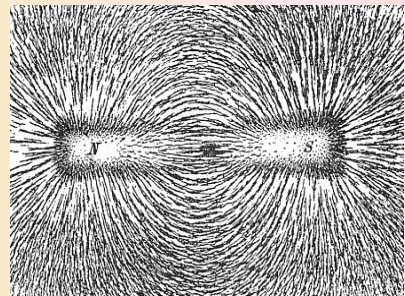


Scopre l'entità di

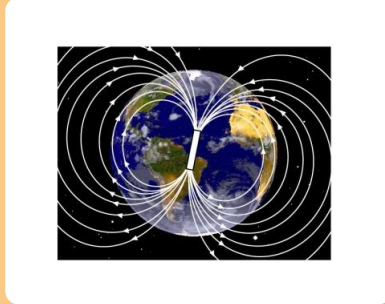
CAMPO = OVUNQUE NELLO SPAZIO

• Formato da FASCI DI LINEE sottilissime:

LINEE DI FORZA → PORTANO IN GIRO LA FORZA ELETTRICA E MAGNETICA



Comprenderanno la natura della FORZA MAGNETICA!



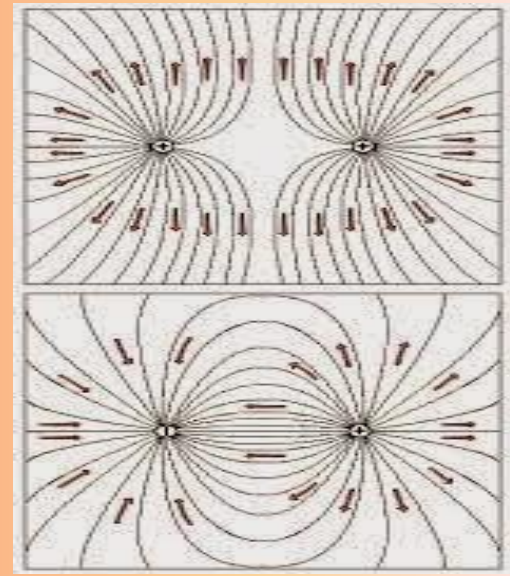
Traduce tale geniale intuizione in una pagina di equazioni

$$\begin{cases} \nabla^2 \phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon} \\ \nabla^2 A_x - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_x}{\partial t^2} = -\mu \rho v_x \\ \nabla^2 A_y - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_y}{\partial t^2} = -\mu \rho v_y \\ \nabla^2 A_z - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A_z}{\partial t^2} = -\mu \rho v_z \end{cases}$$

...Lo stesso Newton sembrava avere dei dubbi sull' incompletezza della sua teoria:

“E' inconcepibile che materia inanimata possa, senza la mediazione di qualcos'altro di materiale, agire su altra materia, e avere un effetto su di essa, senza che ci sia un contatto”

CON L'INTRODUZIONE DEL CONCETTO DI CAMPO, CAMBIA LA VISIONE DEL MONDO NEWTONIANA:



- Il campo che riempie lo spazio, e due oggetti con carica elettrica con i quali il campo interagisce. La forza tra i due oggetti è portata dalle linee di forza del campo -

Di che cosa è fatto il mondo?

NEWTON

SPAZIO

TEMPO

PARTICELLE



**FARADAY
MAXWELL**

SPAZIO

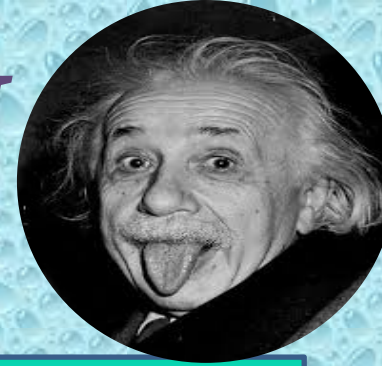
TEMPO

CAMPI

PARTICELLE



ALBERT EINSTEIN



• *Pubblica:*

3 ARTICOLI
agli
“Annalen
der Physik”



dove presenta la teoria della
RELATIVITA' RISTRETTA - 1905

..dopo gli studi
sulla:

SIMULTANEITA'
ASSOLUTA → NON
ESISTE



Viene introdotta la
nuova teoria del
continuo-
SPAZIOTEMPO

..da SPAZIO e
TEMPO come
entità distinte

..a
SPAZIOTEMPO
intimamente
legato



Conseguenza:
-Fusione CAMPO
ELETTRICO +
MAGNETICO
- Fusione
ENERGIA + MASSA

$$E=mc^2$$

..ma il vero capolavoro di Einstein verrà, 10 anni dopo..

**“TEORIA DELLA
RELATIVITA’
GENERALE” -1915**
*La più bella delle
teoria*

**-NUOVA TEORIA DELLA
GRAVITA’-**

*raccoglie ben 2
problemi:*

**DEFINIRE LO
SPAZIO DI
NEWTON**

*“Scatolone
rigido per l’
universo”*

**DESCRIVERE IL
CAMPO
GRAVITAZIONALE**

*unisce tali
soluzioni:*

**SPAZIO DI NEWTON
= CAMPO
GRAVITAZIONALE**

E' una semplificazione del mondo:

SPAZIO



- **ENTITA' REALE, NON ESTERNO ALLA MATERIA**
- **SI CURVA, SI FLETTE, SI TORCE**

“Noi non siamo contenuti in un invisibile scaffalatura rigida, ma siamo immersi in un immenso mollusco flessibile.”

Non è la forza di gravità ad attirare gli oggetti, ma sono le masse che, curvando lo spazio circostante, lo inclinano, lasciando “scivolare” le altre masse

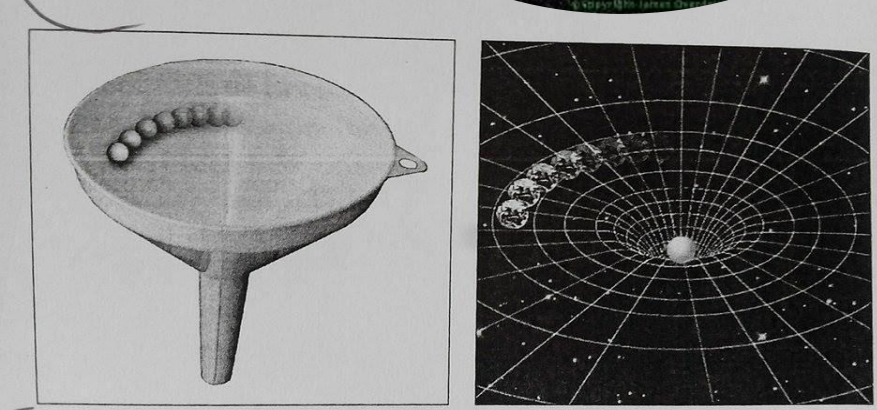
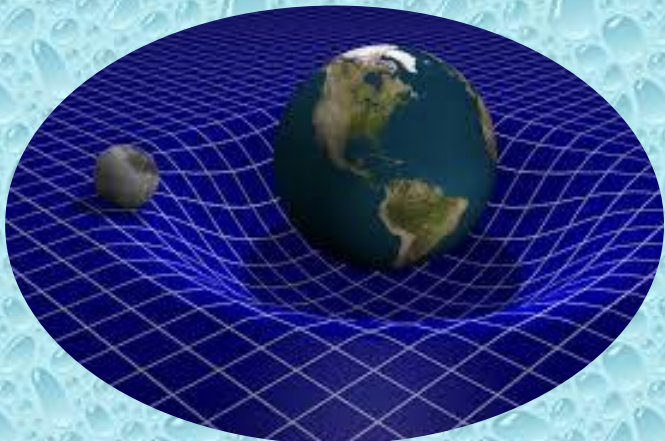
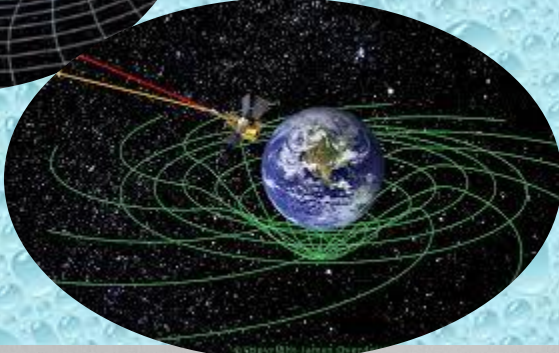
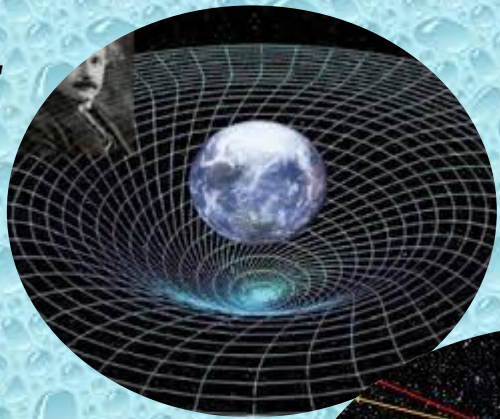


Figura 3.5 La Terra gira intorno al Sole perché lo spaziotempo intorno al Sole è curvo. Un po' come una pallina che ruoti sulle pareti curve di un imbuto.

Ma se SPAZIOTEMPO rappresenta ora un'unica entità..allora **anche il tempo si curva, si flette e si torce..**

Einstein predice che..

Il tempo sulla Terra passa più veloce in "alto", rispetto al "basso"



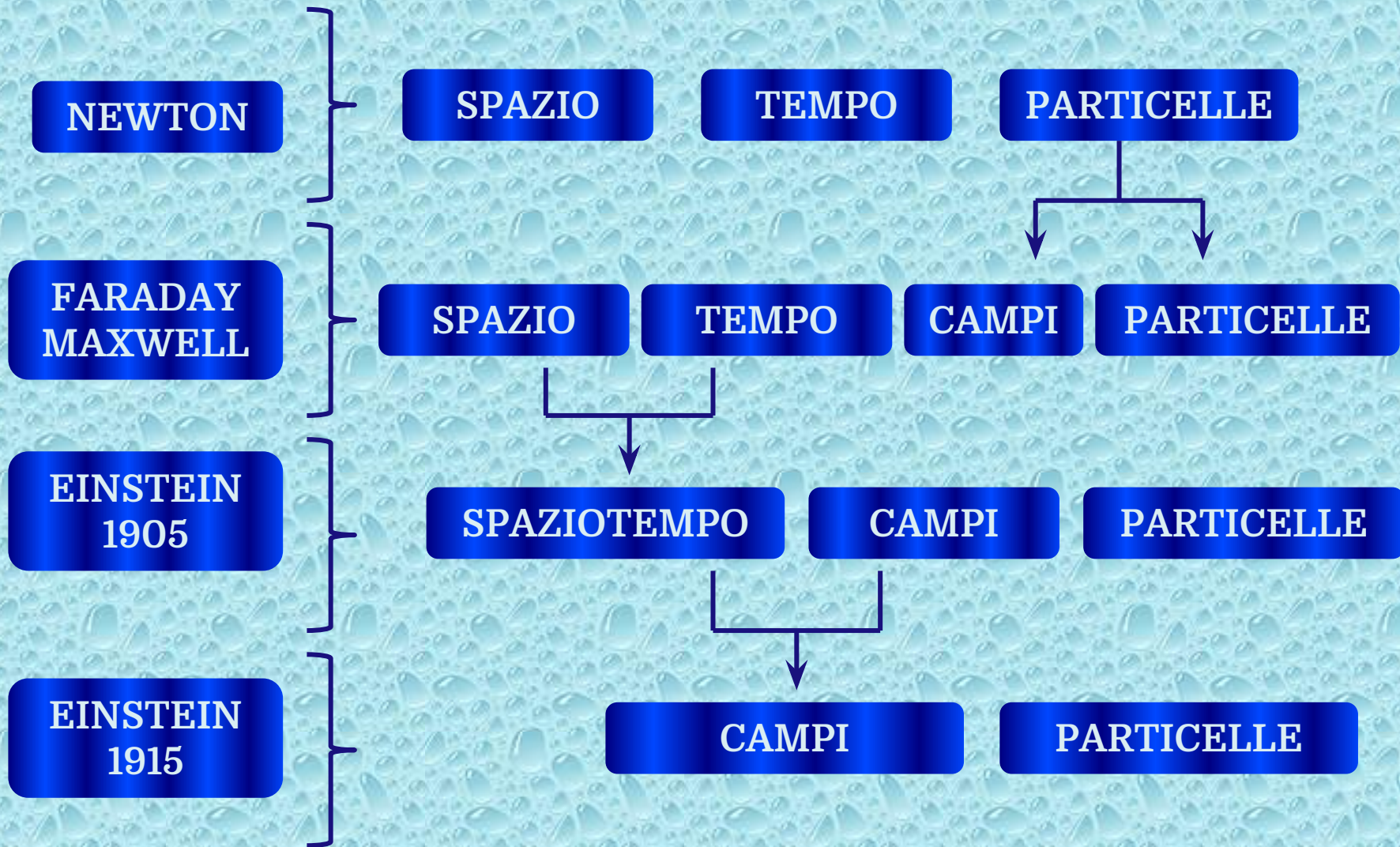
- Di poco, ma due gemelli che abbiano vissuto uno al mare e uno in montagna si ritrovano uno più vecchio dell'altro, quando si reincontrano. -

Il tempo non è universale e fisso, ma dipende dalla presenza di masse nelle vicinanze !

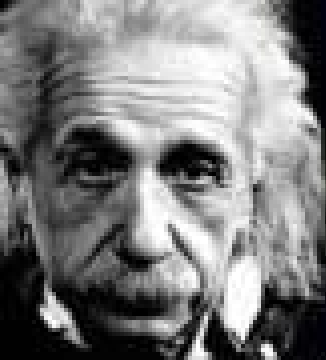
$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$



Più in alto il tempo passa più veloce



Di che cosa è fatto il mondo?



Lo spazio-tempo di Einstein



Le direzioni dello Spazio e del Tempo sono interconnesse.

Spazio e Tempo sono interconnessi. Non è possibile curvare lo spazio senza "curvare" il Tempo.

Il Tempo ha una "forma" ed una direzione.

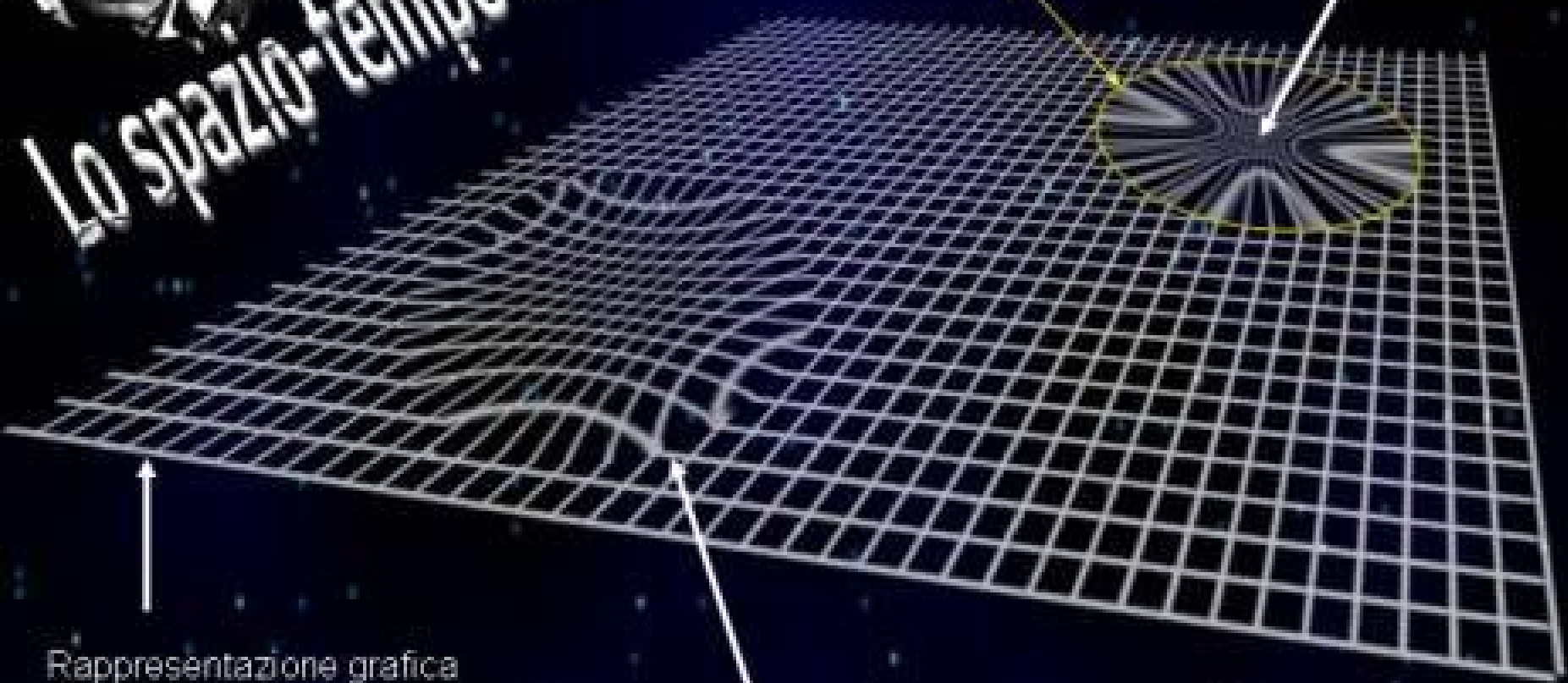


Lo spazio-tempo di Einstein

Relatività Generale - 1915

Deformazione geometrica dello spazio-tempo dovuta ad un buco-nero

Linea dell'orizzonte degli eventi



Rappresentazione grafica del "tessuto" spazio-tempo in 2 dimensioni

Deformazione geometrica dello spazio-tempo dovuta ad una massa (es: pianeta, stella, etc.)

Anche Einstein trovò degli oppositori alle sue teorie..in primis:

LA FISICA QUANTISTICA

“Nessuno comprende la meccanica quantistica!”
Richard Feynman

e RELATIVITA' GENERALE costituiscono tutt'oggi le teorie più complete per descrivere l'universo; sono le COLONNE PORTANTI DELLA FISICA DEL XX SECOLO.

..il problema è conciliarle!

La principale distinzione fra le due è che:

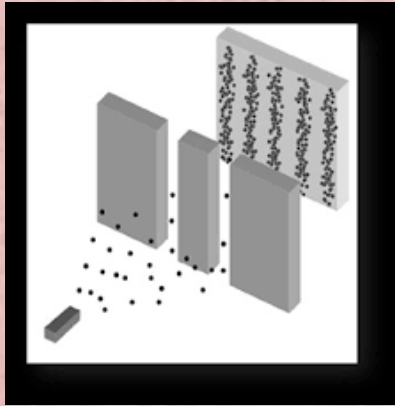
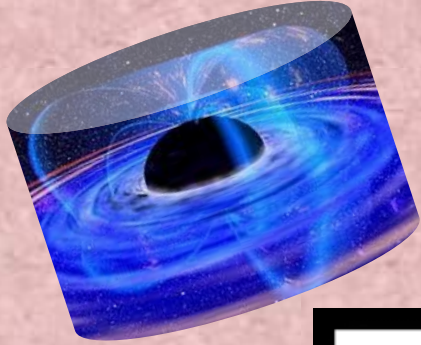
• La **FISICA QUANTISTICA** spiega il funzionamento del mondo MICROSCOPICO;

• La **RELATIVITA' GENERALE** descrive i fenomeni dell'universo MACROSCOPICO;

Nasce da risultati sperimentali, concepita da molti: Max Planck, Niels Bohr, Paul Dirac, Max Born

“Gemma compatta”, concepita da un'unica mente; visione semplice e coerente di **GRAVITA', TEMPO e SPAZIO**

*Prima di procedere oltre,
ecco una definizione sintetica
della Fisica Quantistica o
“Teoria dei quanti”:*



Descrive la materia sia come fenomeno ondulatorio che come entità particellare, al contrario della meccanica classica, dove per esempio la luce è descritta solo come un'onda o l'elettrone solo come una particella. Questa inaspettata e contro intuitiva proprietà, chiamata dualismo onda-particella, è la principale ragione del fallimento di tutte le teorie classiche sviluppate fino al XIX secolo. La relazione fra la natura ondulatoria e quella corpuscolare delle particelle è definita nel principio di complementarità e formalizzata nel principio di indeterminazione di Heisenberg.

Limite della RELATIVITA' GENERALE:

**Cessa di
essere valide
su scale
piccolissime,
sull'ordine di
lunghezza di
Planck**

..Quindi.....

**COME RISULTA ESSERE LA STRUTTURA
DELLO SPAZIOTEMPO QUANTISTICO?**

...Tale domanda apre la porta a delle teorie che tentano di descriverlo, tuttavia fino ad oggi tutti i tentativi di provare le varie teorie quantistiche sulla struttura dello spaziotempo non hanno portato a risultati certi dato che stiamo considerando scale estremamente piccole

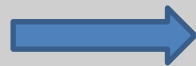


“SCHIUMA QUANTISTICA”

- *John Wheeler, 1955*
- *Su scale quantistiche l'Universo è come composto da singole unità costituite da tantissimi buchi neri microscopici che emergono e svaniscono continuamente =*

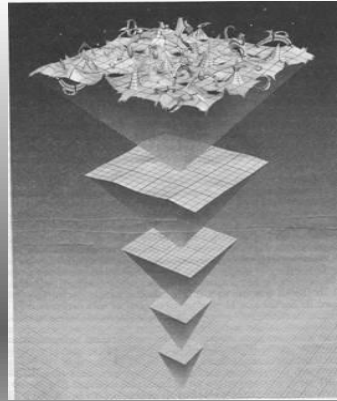
SCHIUMA

- *Spaziotempo irregolare e spigoloso, irto di deformazioni locali*

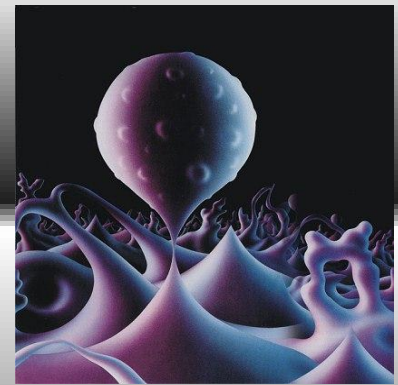


..quindi..

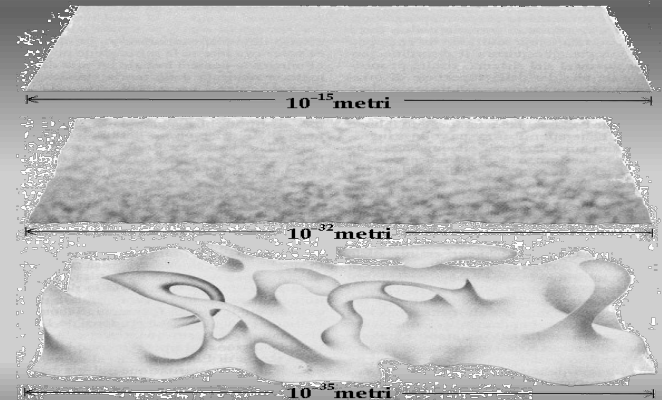
Su scale dell'ordine della lunghezza di Planck non ha più senso parlare di spazio o di tempo perchè le fluttuazioni quantistiche sono tali da creare una sorta di *confusione* o *schiuma quantistica*, che fanno sì che spazio e tempo si mescolino; il tempo è come se svanisse, ed esistono infiniti spazi-tempi.



in queste condizioni la teoria della Relatività generale non può essere spiegata, in quanto descrive uno spazio-tempo continuo, liscio senza alcuna irregolarità.



- Illustrazione artistica del concetto di “schiuma” quantistica. La bolla in primo piano rappresenta un universo che evolve con le sue leggi fisiche.-



Dalla schiuma quantistica si evolverà il nostro Universo

Contrasto tra R.G. e M.Q.



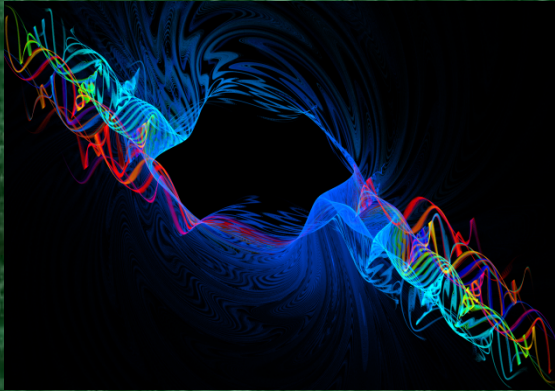
Su scale classiche lo spazio-tempo è liscio e piano

Su scale quantistiche lo spazio-tempo è spigoloso e irregolare

Se ci riferiamo a scale piccolissime, dell'ordine delle dimensioni atomiche, ci accorgiamo che esistono una serie di fluttuazioni quantistiche, dovute alla creazione spontanea di coppie particella/anti particella, che danno allo spazio-tempo una forma alquanto spigolosa e irregolare.

Per concludere è presentata una delle teorie più promettenti sulla gravità quantistica:

TEORIA DELLE SUPERSTRINGHE - 1985



- Tentativo di “*teoria del tutto*” che descrive tutta la realtà, dalle particelle elementari a tutto l'Universo
- Spiega le fasi iniziali della storia dell'Universo e perciò l'origine dello spazio e del tempo



PARTICELLE

+

FORZE
FONDAMENTALI

COMPOSTE DA STRINGHE VIRBRANTI
- Non contraddicono né gli assiomi della meccanica quantistica, né quelli della relatività generale -



*Per finire, viene
esposta la teoria del
fisico:*

CARLO ROVELLI



Ha sviluppato una
formulazione
della meccanica
che esclude il
TEMPO:



Secondo questa
ipotesi, la sensazione
dello scorrere del
tempo è un'*illusione*
derivata
dall'incompletezza
della conoscenza.



*“A livello fondamentale il tempo non c'è.
(...) ci sono processi elementari in cui
quanti di spazio e materia interagiscono
tra loro in continuazione. L'illusione
dello spazio e del tempo continui intorno
a noi è la visione sfocata di questo fitto
pullulare di processi”.*

Carlo Rovelli: "Spazio e tempo? Solo un'illusione"

Professor Rovelli, come possiamo accettare l'idea che il tempo non sia reale?

Dobbiamo farci i conti, ma forse è più semplice di quanto sembri a prima vista. In fondo noi viviamo in un mondo in cui c'è l'alto e il basso, ma sappiamo bene che si tratta di una distinzione locale e che non vale per tutto l'universo. Anche il tempo probabilmente è così.

Lei dice "probabilmente", non abbiamo certezze al riguardo?

No, ma la scienza non dà mai risposte certe, dà solo le migliori risposte del momento. Non è un male: possiamo vivere anche senza certezze assolute.

Quali sono i problemi aperti della fisica oggi?

In fisica fondamentale, ovvero la fisica che si occupa della descrizione delle cose più elementari, ci sono vari problemi aperti, ma ce n'è uno più bello degli altri: quello della gravità quantistica. Lungo tutto il Novecento abbiamo scoperto molte cose sul mondo grazie alla meccanica quantistica e alla relatività generale. Ma le immagini dell'universo fornite da queste due teorie sono difficili da mettere insieme, non si conciliano. La gravità quantistica tenta di farlo, ma per riuscirci dobbiamo cambiare l'idea che abbiamo di spazio e di tempo.

E' passato un secolo da quando la relatività generale ha cambiato la natura dello spazio e del tempo, ma a noi sembra ancora strano immaginare il mondo secondo la fisica di Einstein. Forse aveva ragione Kant nel dire che Spazio e Tempo sono le forme a priori entro le quali solamente è possibile la nostra esperienza?

Kant aveva ragione su quasi tutto. In particolare, oggi sappiamo che aveva ragione nel dire che quello che vediamo è il mondo esperito da un soggetto fatto così come è fatto. Ma la nozione di spazio che Kant considera naturale in realtà è quella nata nel 1670 con i Principia di Newton: lo spazio di Dante o quello di Aristotele non sono così. Bisogna allora prendere in considerazione la storia. La relatività ha cento anni, ma le sue basi sperimentali sono di oggi: quando andavo a scuola già mi insegnavano che, secondo la teoria di Einstein, un orologio su un tavolo corre più velocemente di uno a terra, ma solo recentemente sono stati creati orologi così precisi da provarlo. Cento anni sono pochi: in fondo Copernico è vissuto nel Cinquecento, ma nel Seicento solo alcuni visionari come Galilei pensavano di prendere sul serio le sue teorie.



**Arianna
Cassetta
4^CLS**

FONTI: - *"La realtà non è come ci appare"* -

Carlo Rovelli

- *Testo di filosofia: "La filosofia"*

- *Internet*