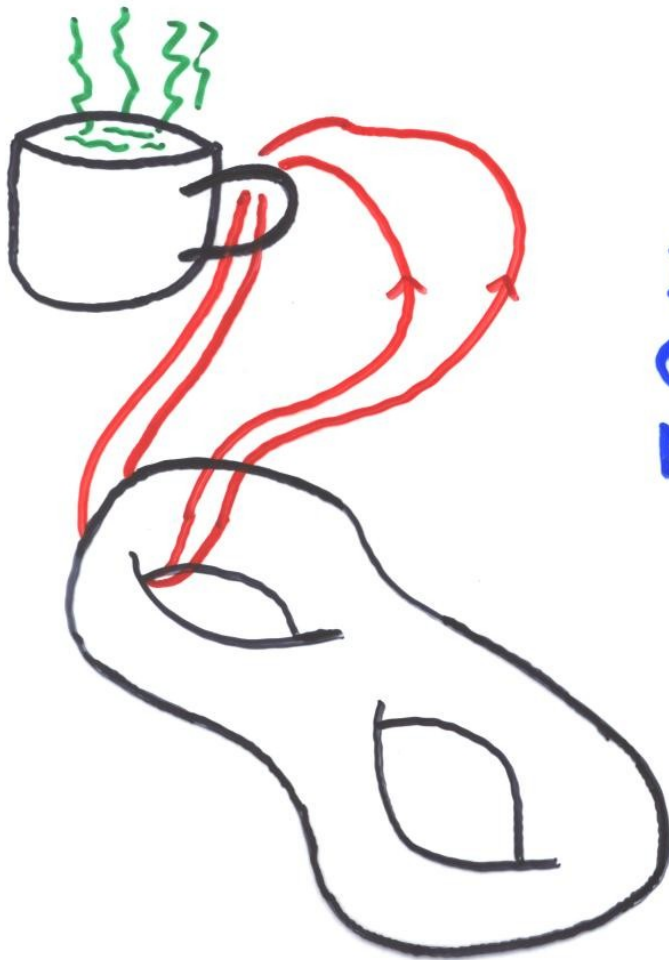


Superstringhe,

dimensioni nascoste,
buchi neri

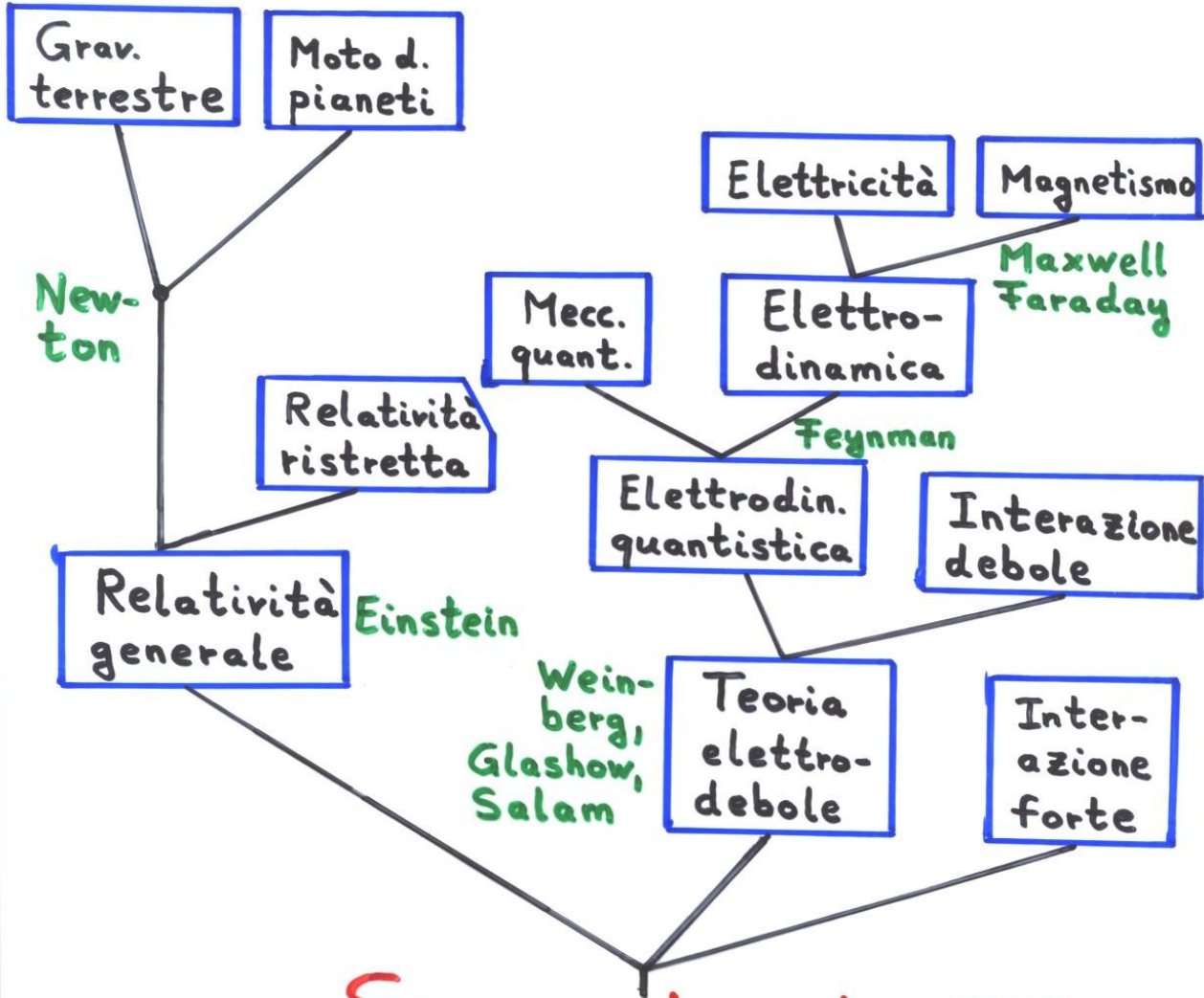
e cosmologia



Dietmar Klemm
Caffè - Scienza
Milano, 5-4-07

xké stringhe ?

si cerca di unificare:



Superstringhe ???

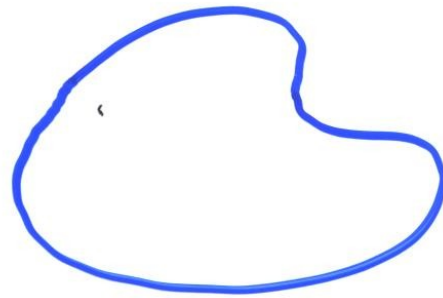
Cosa sono le stringhe?

- particelle elementari (elettroni, fotoni, quark, ...) sono puntiformi.

→ generalizza ad avere
estensione finita:



stringa
aperta



stringa chiusa

Ad ogni vibrazione della
stringa corrisponde una
particella elementare!

Vedi violino: Vibrazione della
corda $\hat{=}$ nota

Sorpresa:

Le vibrazioni della stringa
contengono sia la gravità
(→ "gravitone"), sia le particelle
elementari che conosciamo!

→ unifica relatività generale
col mondo microscopico!

Svantaggio:

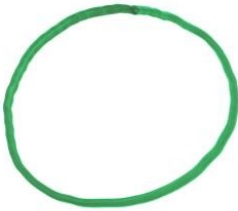

Teoria è consistente solo in
10 dimensioni !!

Ma noi viviamo in $3+1=4$!

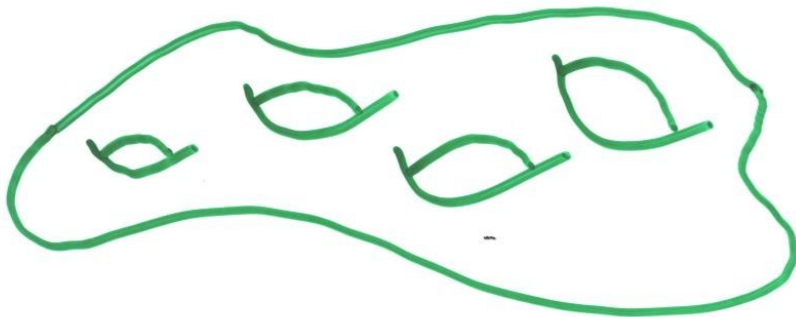
xké non vediamo le
altre 6 dimensioni?

xké sono piccolissime!

Non sono estese all'infinito,
ma compatte:

cerchio   $\sim 10^{-33}$ cm - 1 mm

Più in generale:



"spazi di Calabi-Yau"

→ dimensioni
nascoste ...

Conseguenze cosmologiche:

Dal '97 sappiamo: Espansione
cosmica accelera!

Com'è possibile ???

(Gravità è attrattiva)

→ esiste un' antigravità,
causata da un' energia
oscura



"costante cosmologica"

La cost. cosm. è 10^{-120}
volte più piccola di quanto
ci aspettiamo !

Perché ???

- Ci sono tantissimi spazi
di Calabi-Yau:



→ tantissime possibilità per
le 6 dimensioni nascoste!

• ad ogni singola possibilità
corrispondono certi valori per
le costanti della natura
(costante cosmologica,
massa dell'elettrone, ...)

→ "paesaggio cosmico"
(L. Susskind)
(cosmic landscape)

· Ad ogni valle corrisponde uno spazio di CY, e quindi un possibile universo con certe leggi e costanti della natura...

Tutti i possibili universi sono realizzati! $\sim 10^{500}$

→ "MULTIVERSO"

Alcuni sono freddi, inabitabili, alcuni hanno delle galassie, alcuni sono come il nostro, con delle forme di vita, alcuni esistono solo per breve tempo...

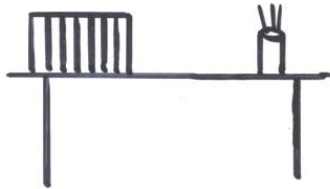
In questo numero quasi infinito di universi, con una certa probabilità c'è uno in cui il valore della costante cosmol. (energia oscura) ha il valore piccolissimo che osserviamo.

Se non avesse questo valore piccolissimo, non saremmo qui a porci la domanda perché ha questo valore...

"Principio antropico"

L'entropia dei buchi neri

L'entropia è una misura
del disordine:



entropia bassa



entropia elevata

Semplificando possiamo dire:

L'entropia S conta tutte le
possibili risistemazioni -
i "riarrangiamenti" - degli elementi
di un dato sistema fisico che
lasciano inalterato il suo aspetto
complessivo.

Più scientificamente:

Entropia $\hat{=}$ numero dei riarrangiamenti delle proprietà quantistiche microscopiche dei costituenti di un sistema fisico che non alterano le sue proprietà macroscopiche (energia, pressione, ...)

Secondo principio della termodinamica:

L'entropia di un sistema aumenta sempre: tutto tende verso uno stato di maggior disordine.

Bekenstein 1970:

Buttiamo la scrivania disordinata in un buco nero \leadsto sparisce per sempre \leadsto entropia diminuisce!

Per salvare il 2° principio:

Anche i buchi neri devono avere un'entropia, e tale entropia deve aumentare in maniera sufficiente a controbilanciare la diminuzione di entropia che si osserva all'esterno!

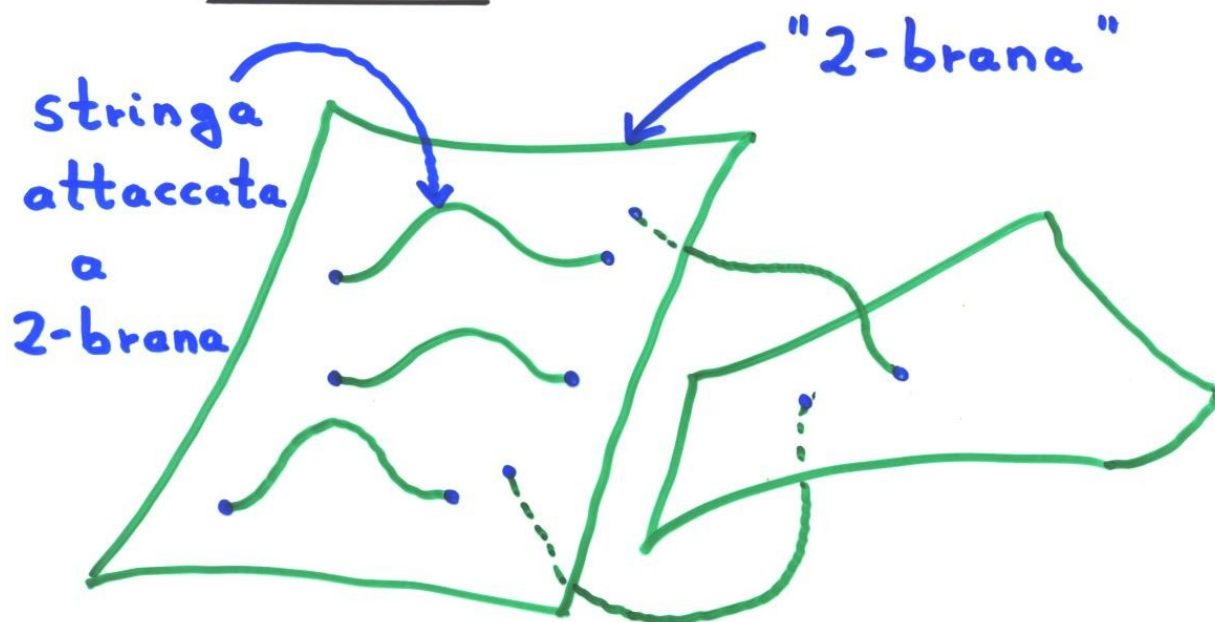
Ma un buco nero sembra essere uno tra gli oggetti più ordinati dell'intero universo! (determinato univocamente dalla massa e dal momento angolare)

→ struttura di un buco nero sembra non permettere il disordine!

Ma la teoria delle superstringhe offre una spiegazione di questo puzzle ...

Strominger/Vafa '96:

I buchi neri sono fatti
di costituenti più
elementari: Di stringhe
e "brane:"



I possibili riarrangiamenti di questi
costituenti che lasciano inalterato
l'aspetto complessivo (cioè il
buco nero) sono responsabili
per l'entropia del buco nero!