

Società Astronomica Fiorentina

Corso di Astronomia

26 Giugno 2020

Cosmologia

di
Franco Risca



Che idea abbiamo dell' Universo ?

E' finito o infinito ?

E' eterno o ha un'età misurabile ?

E' statico o dinamico ?

Che caratteristiche ha ?

Ne esiste uno solo ?

Principio Cosmologico

**Su grande scala l' Universo è
Omogeneo e Isotropo**

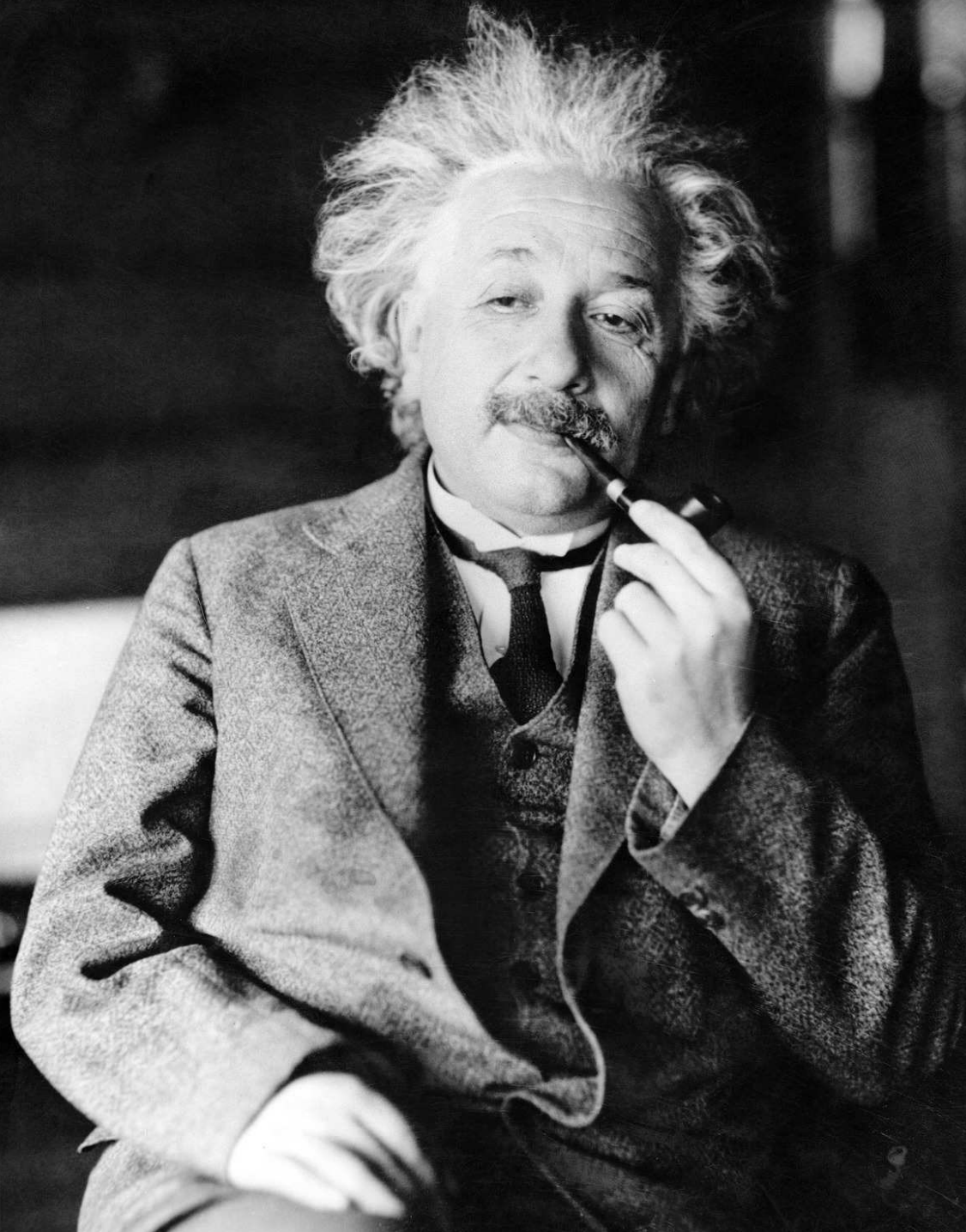
Osservando in qualunque direzione l' Universo ci appare
sempre nello stesso modo e con le stesse proprietà

Non ci sono zone o posizioni privilegiate

**Il Principio suppone che le Leggi della Fisica
siano le stesse in tutto l' Universo**

**Su piccola scala osserviamo piccole disomogeneità
distribuite in modo approssimativamente uniforme**

Albert Einstein 1879 - 1955



1905

Teoria della Relatività Ristretta

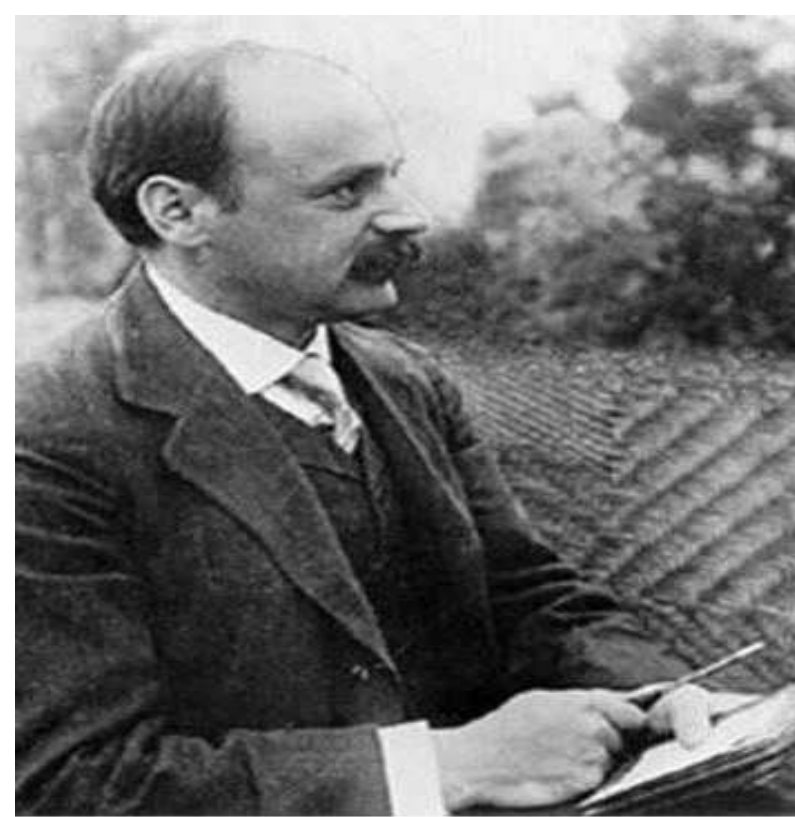
1915 - 1916

Teoria della Relatività Generale

Sviluppando le equazioni della Relatività Generale ottenne come risultato che l'Universo non poteva essere statico. Doveva necessariamente o contrarsi o espandersi.

Ma Einstein era talmente convinto che l'Universo doveva essere **Eterno e Stazionario** che introdusse una **"Costante Cosmologica"** alla quale attribuì un valore tale che riportasse l'Universo ad essere **Stazionario**

In seguito dichiarò che questo era stato l'errore più grande della sua vita



Alexander Friedmann

1922 - Con deduzioni teoriche basate sulla Relatività Generale affermò che l' Universo non poteva essere statico:
O era in espansione o era in contrazione

George Eduard Lemaitre

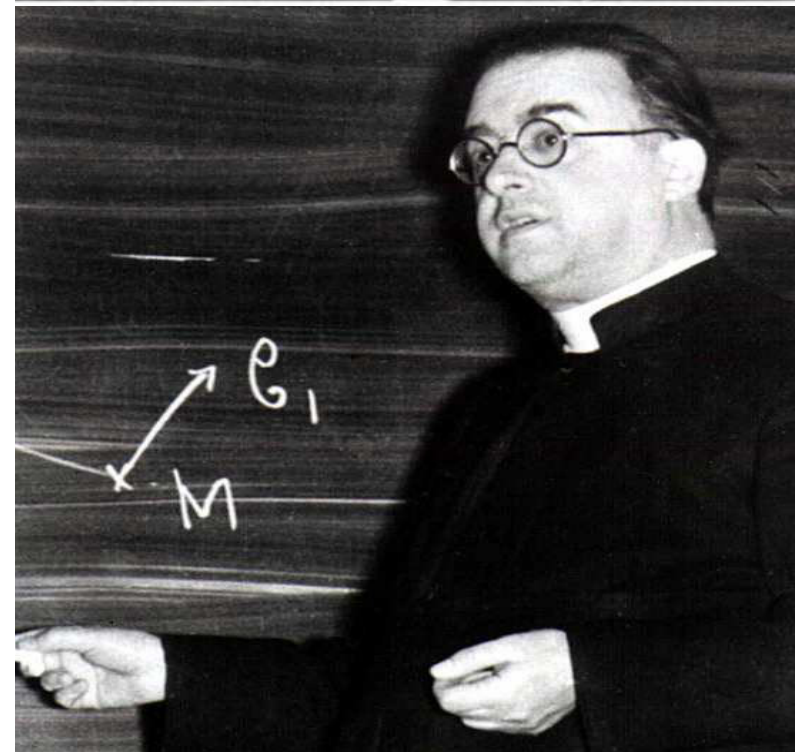
1894 - 1966

1927 - Continuando a elaborare le equazioni della Relatività Generale affermò l'espansione dell' Universo e che la velocità di allontanamento delle Galassie era proporzionale alla loro distanza.
Affermò che questa era dovuta all' espansione dell' Universo e non ad un movimento delle Galassie nello spazio

1931

Teoria dell' Atomo Primordiale

Tutto era nato da un primo atomo creato in un certo momento



Edwin Hubble

1889 - 1953

1924

Misurò la distanza della Galassia di Andromeda e capì che non poteva essere interna alla nostra Galassia. Le "Nebulose" sono altre Galassie

1929

Conferma dell' Espansione dell' Universo

LEGGE DI HUBBLE

Le Galassie si stanno tutte allontanando le une dalle altre. Più sono lontane e maggiore è la loro velocità di allontanamento

L' Universo si espande

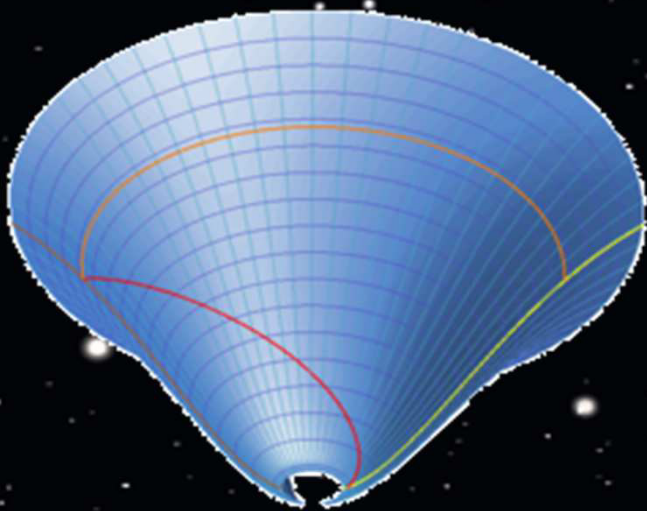
I calcoli teorici e l' osservazione del Redshift effettuata da Hubble concordavano
Anche Einstein dovette ricredersi: l' Universo si espande

Le Maitre e Hubble calcolarono la velocità di espansione: 625 e 500 Km/sec/Mpsc
sovrastimando di circa 7-8 volte la velocità reale.

Attualmente, misurata con diversi metodi la velocità di espansione è stimata fra i
69,8 e i 74,03 Km/sec per Mpc
(1 Megaparsec equivale a circa 3.260.000 A.L.)

Ogni distanza, misurata in Mpc, fra due oggetti qualunque aumenta di c.a 70 Km/sec

Le Galassie più lontane si allontanano a velocità superiore alla velocità della Luce
E quindi non saranno mai visibili



L' espansione è causata in parte dalla spinta iniziale del Big Bang e in parte da una forza repulsiva di cui non si conosce la natura, chiamata Energia Oscura

L'espansione pone due domande fondamentali:
Andando indietro nel tempo tutto doveva essere più compatto
ravvicinato, racchiuso in una dimensione più piccola

- 1) Ma dove finisce, indietro nel tempo, la contrazione ?
- 2) Quale sarà il futuro e la fine dell' Universo ?

Arno Penzias e Robert Wilson



Erano due ingegneri esperti in telecomunicazioni della Bell Telephone.

Nel 1963 approntarono una antenna tarata nelle Microonde con un calibratore raffreddato alla temperatura di 4 K° .
Ma l'antenna misurò un segnale più "caldo" di circa 3 K° .

La temperatura in eccesso generava un fruscio uguale in tutte le direzioni; ripeterono innumerevoli volte le misurazioni, eliminarono tutti i disturbi di natura terrestre, pulirono l'antenna ma il risultato era sempre lo stesso.

Nel 1964, si rivolsero agli astrofisici dell'Università di Princeton che rimasero esterrefatti e, in verità, anche contrariati perché da tempo stavano cercando, senza risultati, quello che Penzias e Wilson avevano scoperto senza saperlo.

**Avevano scoperto la Radiazione Cosmica di Fondo
La prima emissione di radiazioni dell'Universo primordiale**

The BIG BANG - 13.820.000.000 Anni

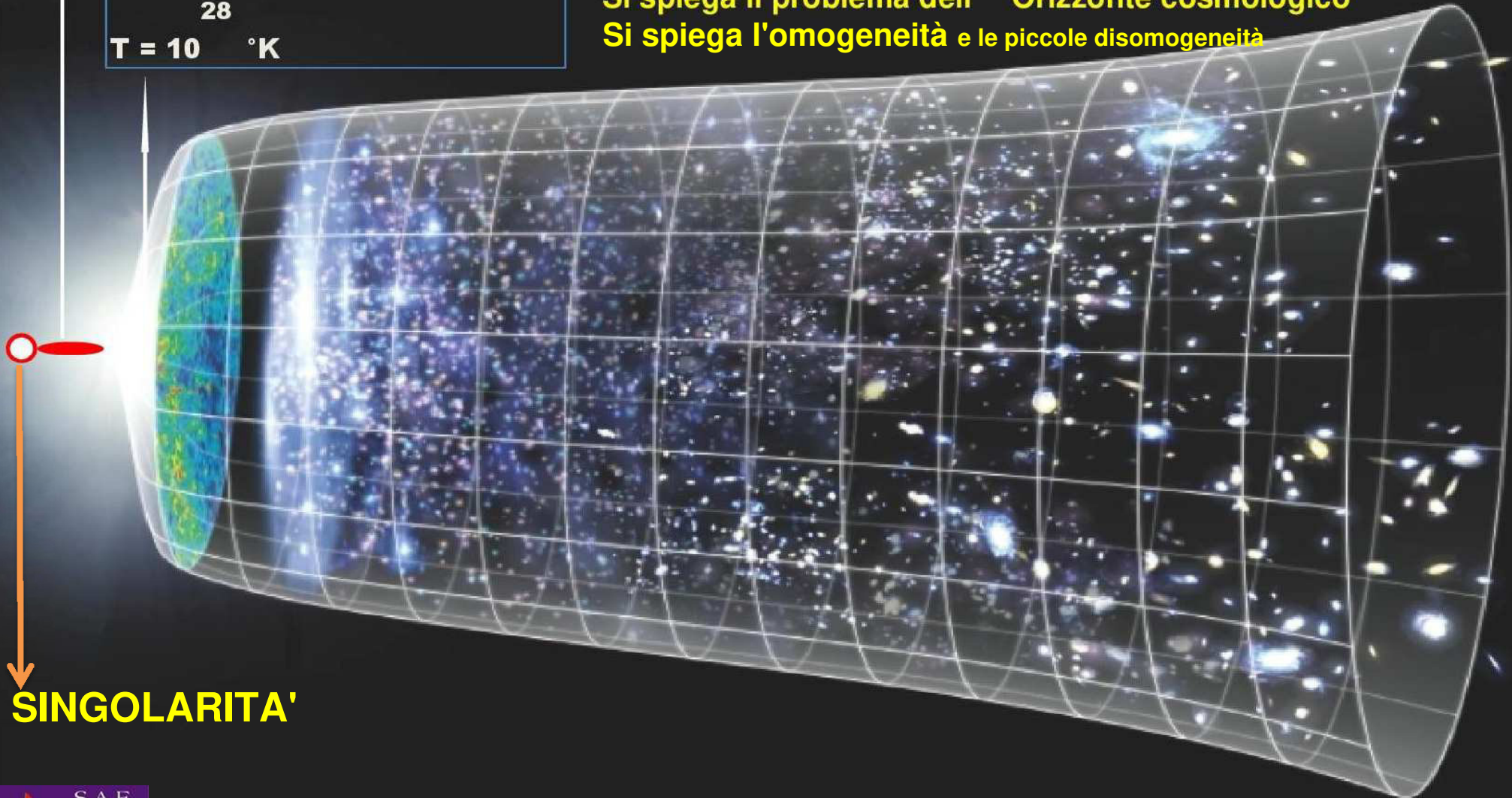
1,35 Sec

1° Tempo di Planck = $1,35 \text{ Sec} * 10^{-43}$

= 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

INFLAZIONE $1 \text{ Sec} * 10^{-35}$
Espansione 10^{28}
 $T = 10^{32} \text{ } ^{\circ}\text{K}$

L' Universo si espande a velocità superiore alla luce
La temperatura diminuisce di 10.000 volte
La curvatura dello spazio diminuisce fino a diventare quasi piatta
Si spiega il problema dell' "Orizzonte cosmologico"
Si spiega l'omogeneità e le piccole disomogeneità



SINGOLARITA'

L' Inflazione Cosmica

Alan Guth

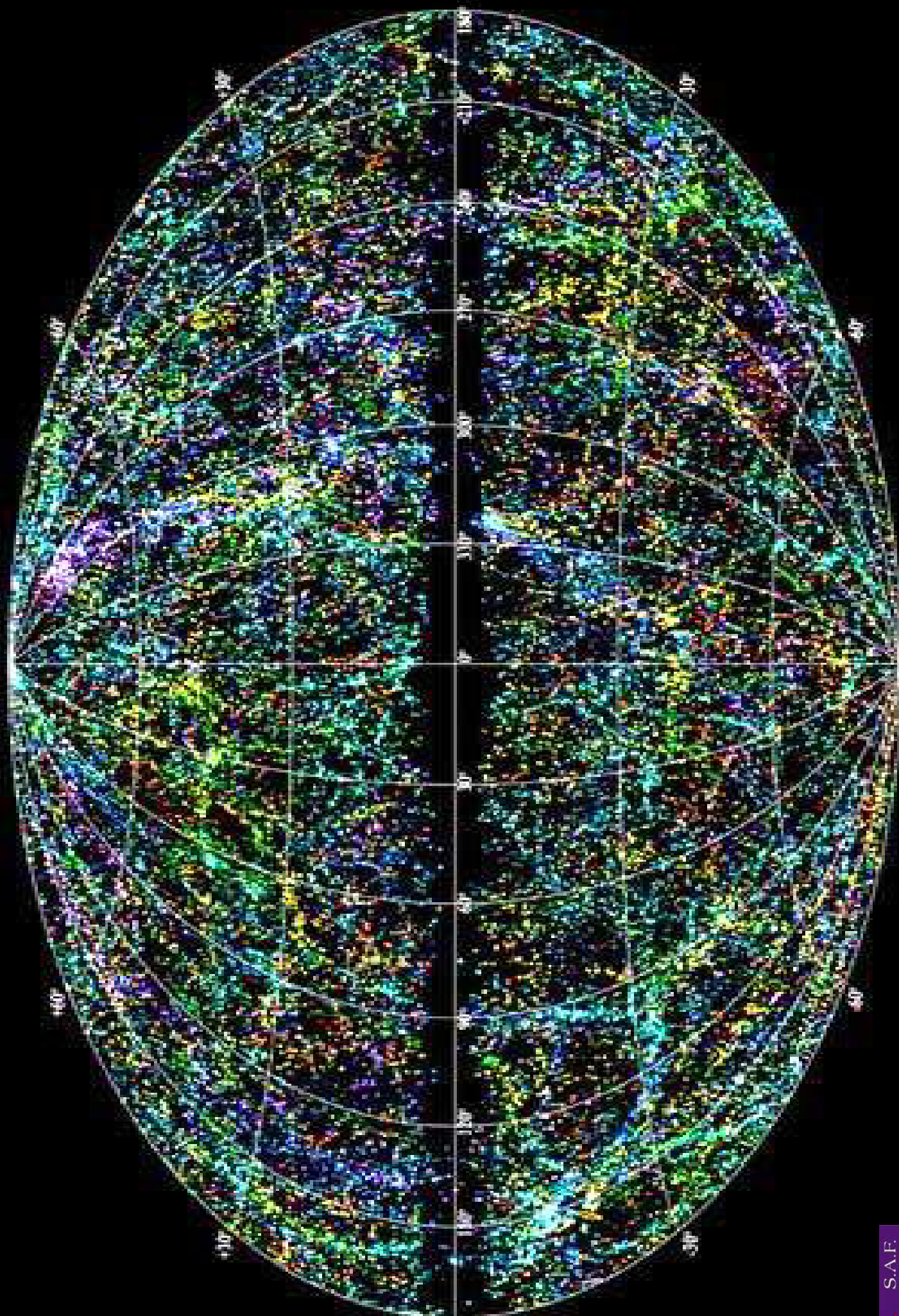
Cosmologo del MIT



**Nel 1981 formulò la Teoria dell'
Inflazione Cosmica**

**I risultati ottenuti dagli studi sulla
Radiazione Cosmica di Fondo
sono in accordo ma ancora non
c'è una dimostrazione verificata.**

**La Teoria viene criticata perchè
non è "Falsificabile"**



The BIG BANG - 13.820.000.000 Anni

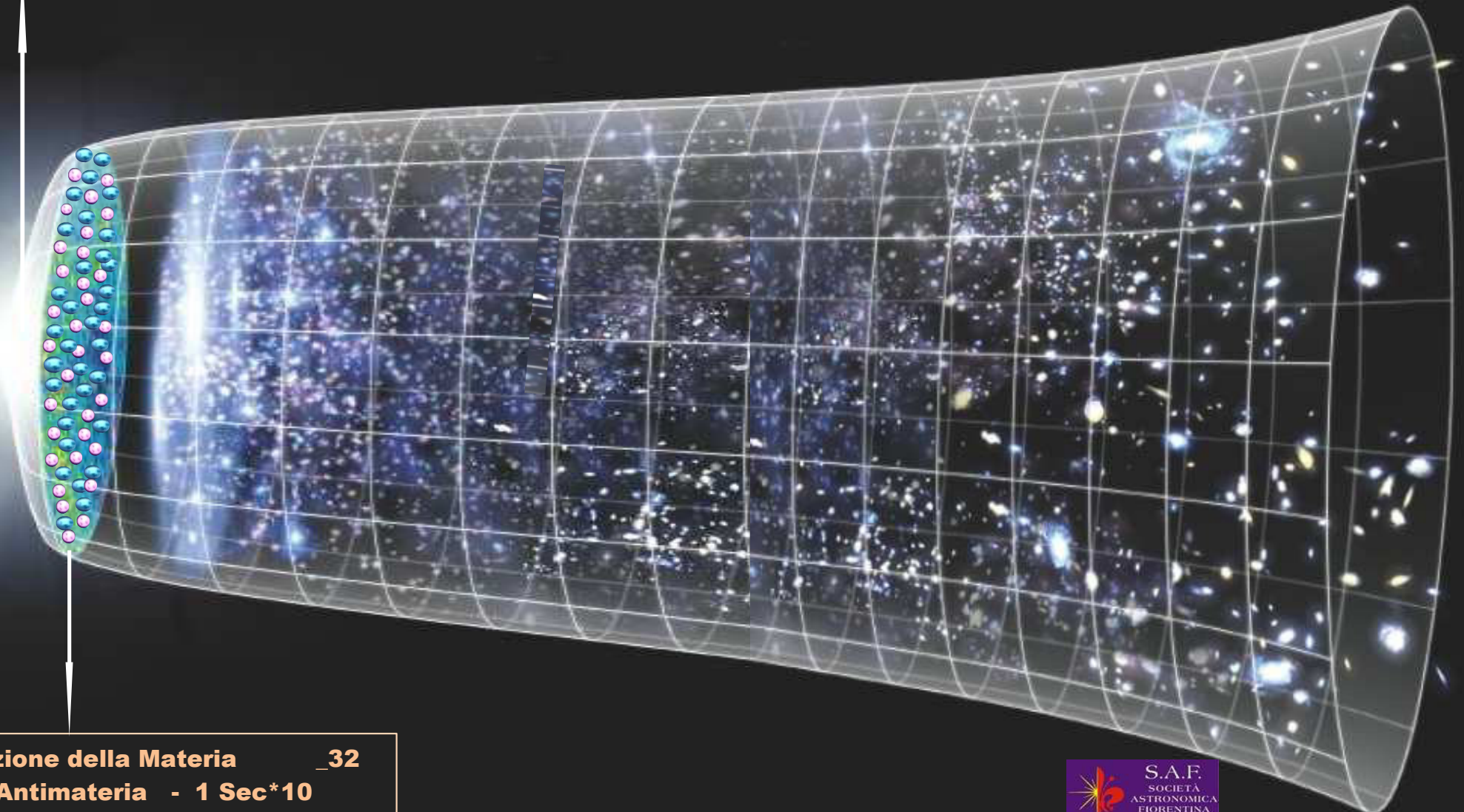
1,35 Sec

1° Tempo di Planck = $1,35 \text{ Sec} \cdot 10^{-43}$

= 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

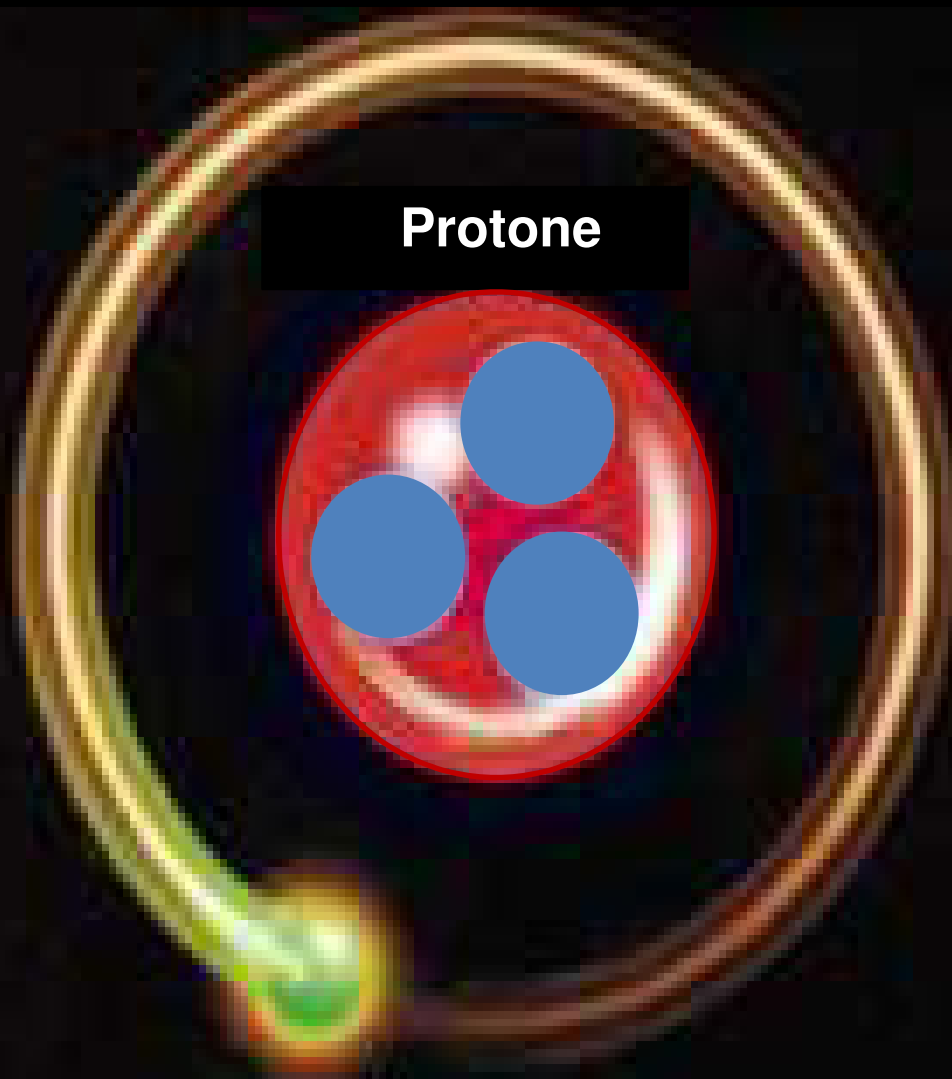
INFLAZIONE	$1 \text{ Sec} \cdot 10^{-35}$	28
Espansione	$10 \cdot 10^{-27}$	$T = 10^{\circ} \text{ K}$

SINGOLARITA'



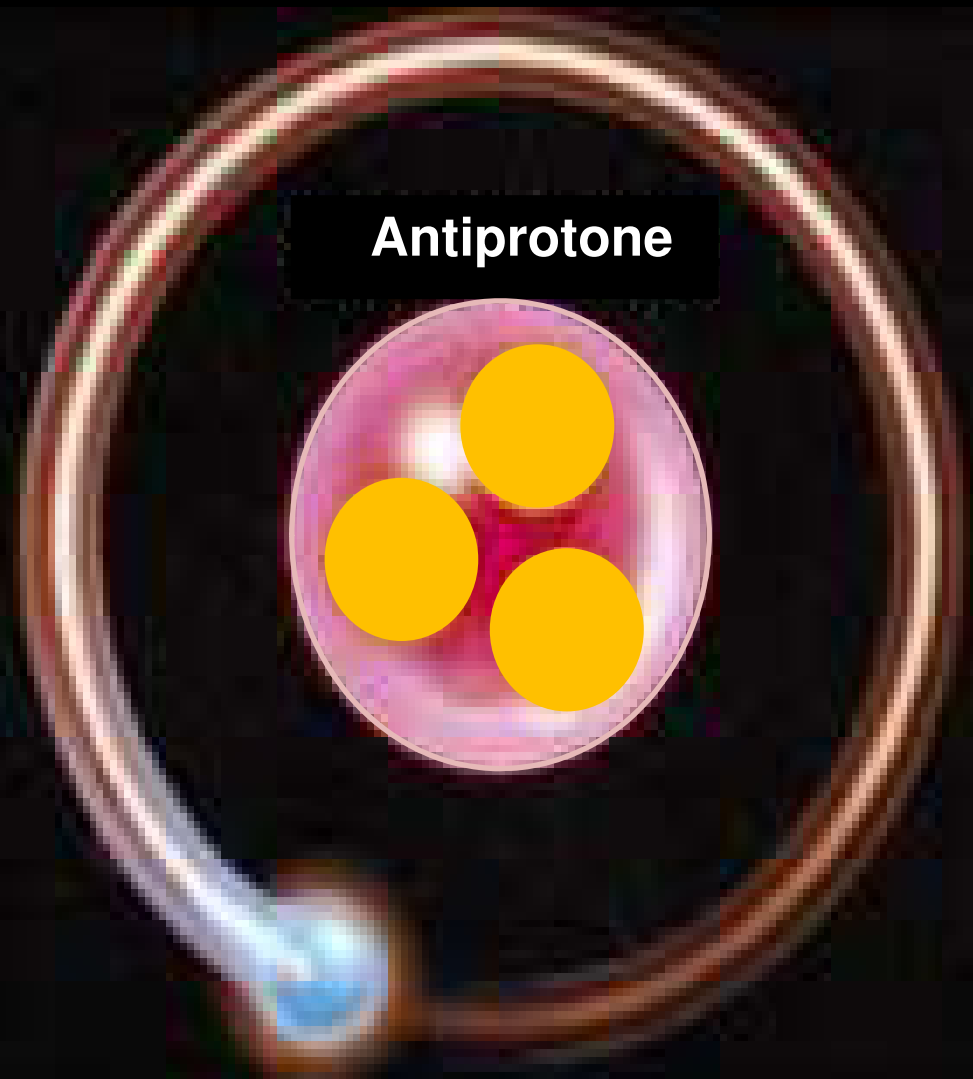
Formazione della Materia 10^{-32}
e dell' Antimateria - $1 \text{ Sec} \cdot 10^{-32}$

MATERIA E ANTIMATERIA



Protone

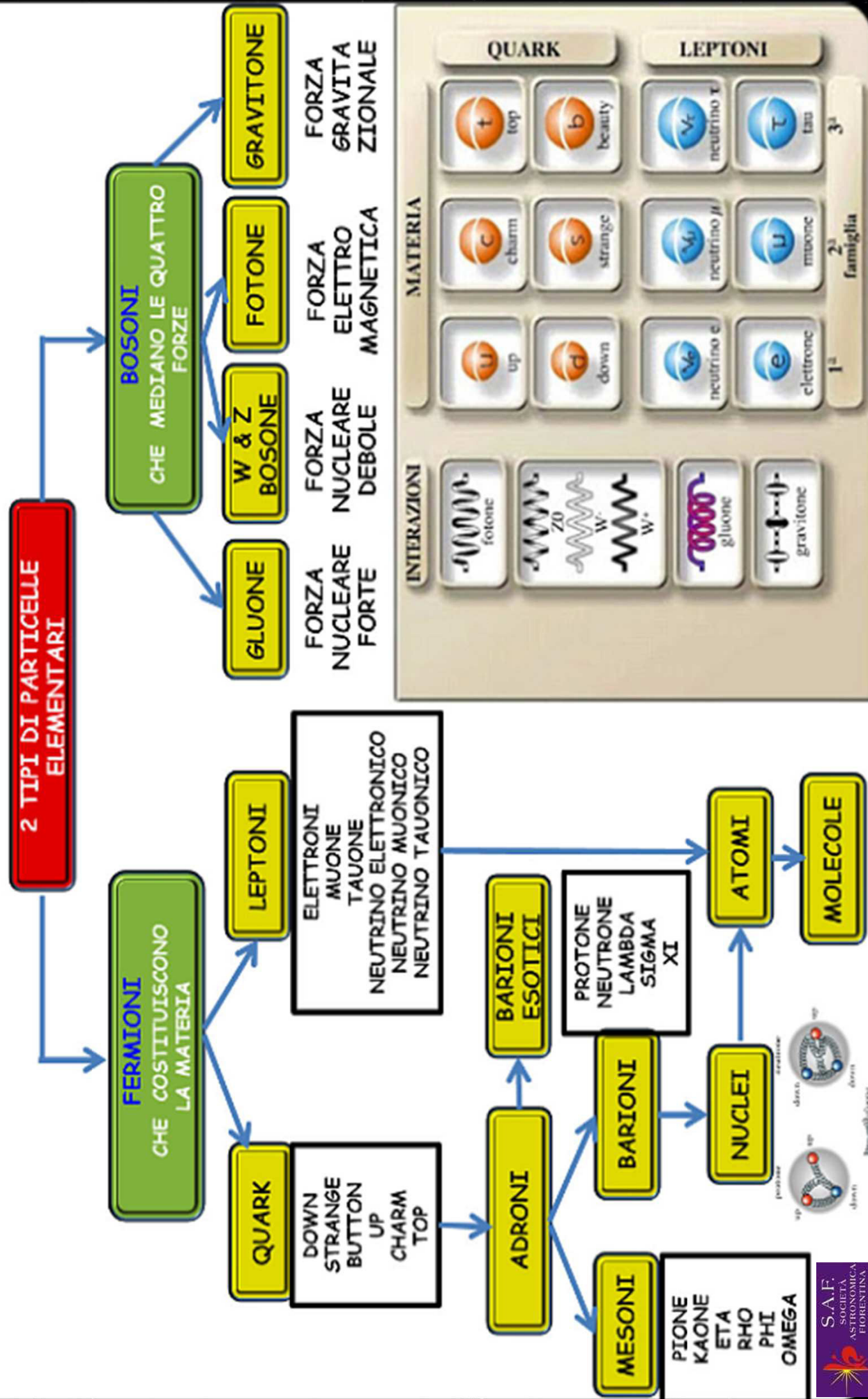
Elettrone



Antiprotone

Positrone

Secondo il «MODELLO STANDARD» ogni particella e forza esistente in natura viene ridotta a poche elementi costitutivi fondamentali:



The BIG BANG - 13.820.000.000 Anni

1,35 Sec

1° Tempo di Planck = $1,35 \text{ Sec} \cdot 10^{-43}$

= 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

INFLAZIONE $1 \text{ Sec} \cdot 10^{-35}$ 10^{28}
Espansione 10^{27} $T = 10^{32} \text{ K}$

**Separazione delle forze e
Diversificazione delle Particelle**

SINGOLARITA'

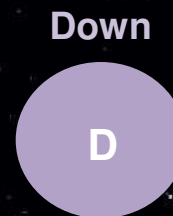
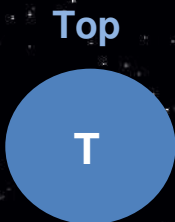
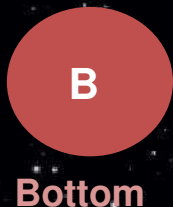
Nucleosintesi 100 Sec
1/10 a.l. $T = 10^{10} \text{ K}$

Formazione della Materia 10^{-32}
e dell' Antimateria - $1 \text{ Sec} \cdot 10^{-43}$

**Si formano i nuclei atomici
di Idrogeno e Elio
Non si formano elementi
più pesanti**

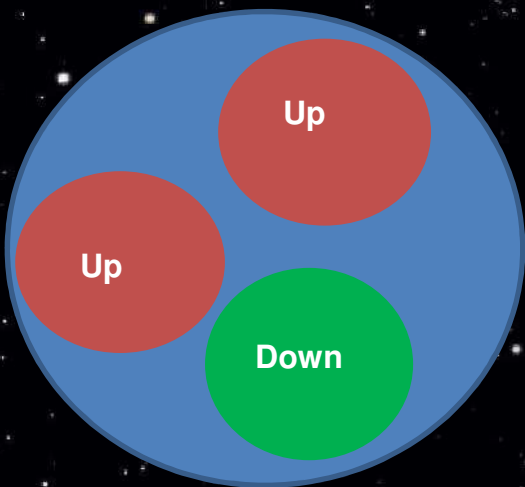
Quarks

Fermioni portatori di materia



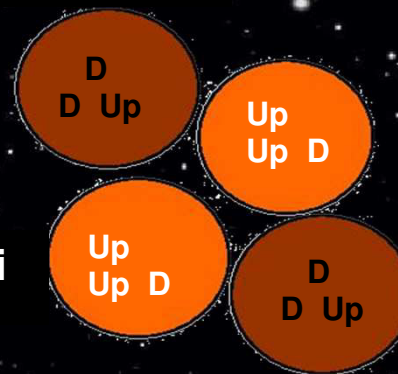
Idrogeno 74%

Protone



Elio 4 25%

Neutroni

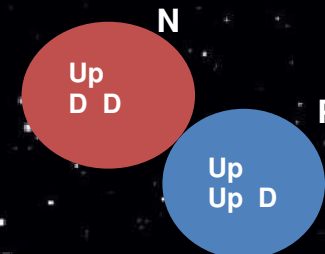


Protoni

Berillio (tracce)



Deuterio 1%



The BIG BANG - 13.820.000.000 Anni

1,35 Sec

1° Tempo di Planck = $1,35 \text{ Sec} * 10^{-43}$

= 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

INFLAZIONE $1 \text{ Sec} * 10^{-35}$
Espansione $10 * 10^{27}$ $T = 10^{28} \text{ } ^\circ \text{K}$

380.000 anni - Ricombinazione
Elettroni e Protoni si accoppiano e si formano gli Atomi

Separazione delle forze e Diversificazione delle Particelle

Nucleosintesi 100 Sec
 $1/10 \text{ a.l.}$ $T = 10^{10} \text{ } ^\circ \text{K}$

Era dell' opacità

SINGOLARITA'

Formazione della Materia e dell' Antimateria - $1 \text{ Sec} * 10^{-32}$

I primi Atomi



Bottom



Top

T



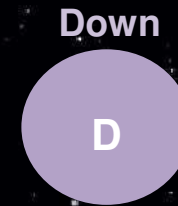
Charm

C



U

Up



Down

D

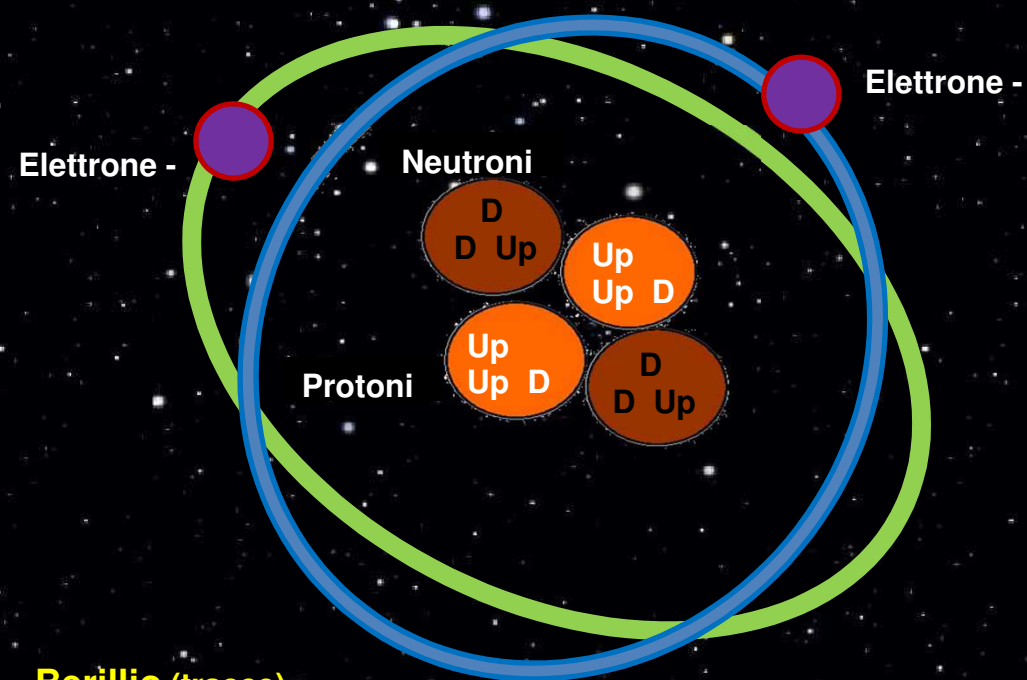
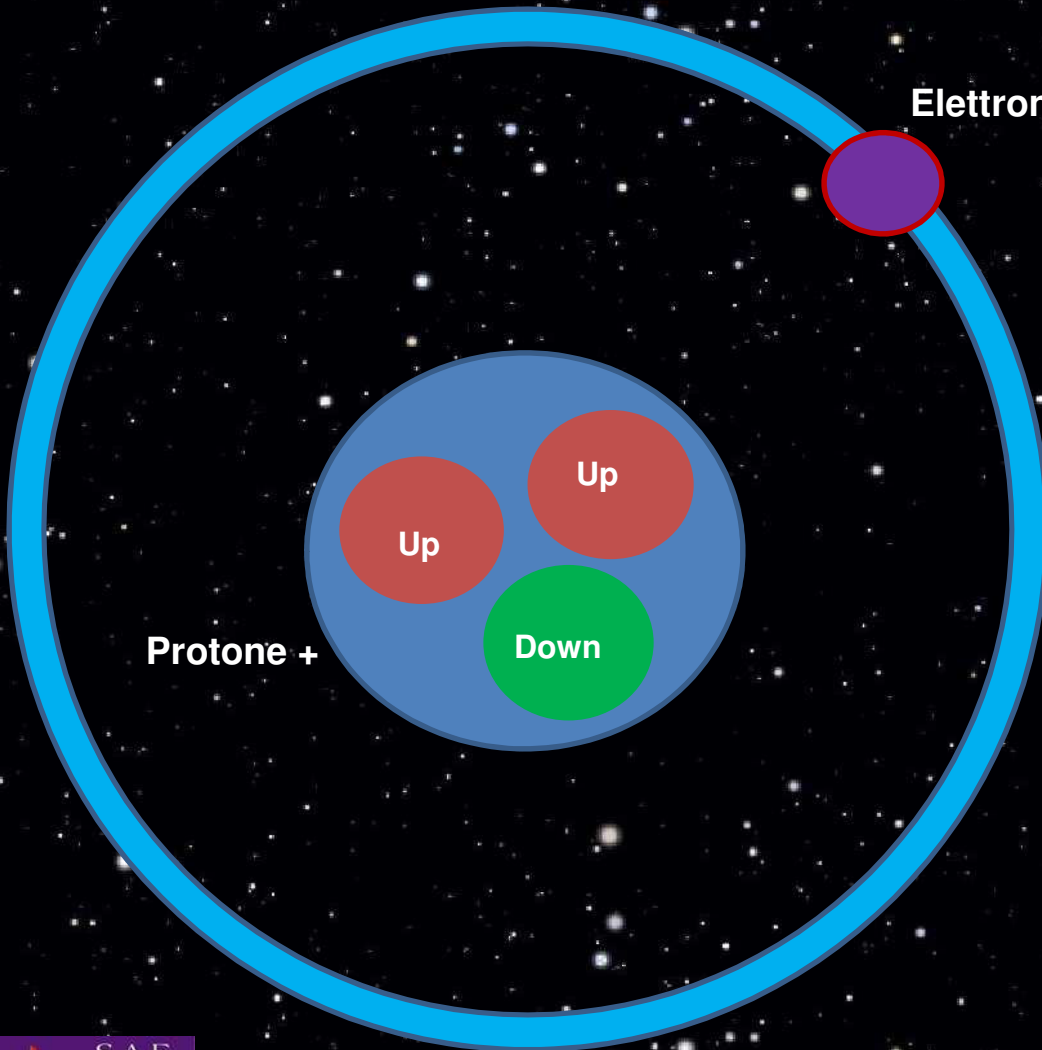


Strange

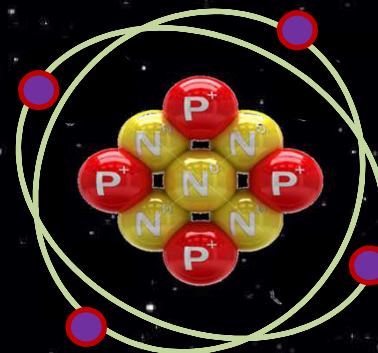
S

Idrogeno 73%

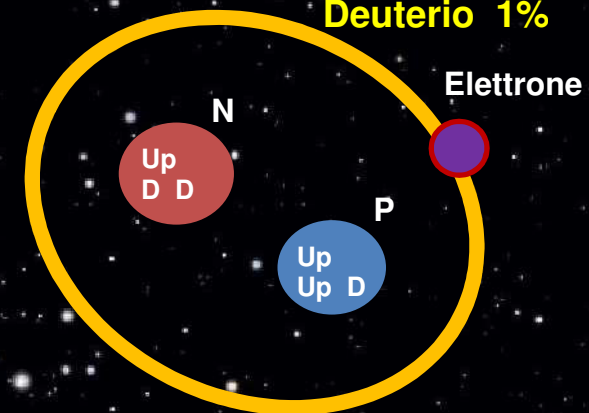
Elio 4 25%



Berillio (tracce)



Deuterio 1%



The BIG BANG - 13.820.000.000 Anni

1,35 Sec

1° Tempo di Planck = $1,35 \text{ Sec} * 10^{-43}$

= 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

INFLAZIONE $1 \text{ Sec} * 10^{-35}$ 28
Espansione $10 * 27$ $T = 10^{\circ} \text{ K}$

380.000 anni
Si formano gli
Atomi

Radiazione Cosmica di fondo
La temperatura scende a 3.000°
L' Universo diventa trasparente
La radiazione si diffonde

Separazione delle forze e
Diversificazione delle Particelle

Nucleosintesi 100 Sec
 $1/10 \text{ a.l.}$ $T = 10 * 10^{\circ} \text{ K}$

Era dell' opacità

Età oscura
Il gas si addensa per
effetto della gravità

Formazione della Materia 32
e dell' Antimateria - $1 \text{ Sec} * 10$

SINGOLARITÁ