

The background is a dark blue space filled with numerous white stars of varying sizes and brightness. A white constellation outline, resembling a five-pointed star or a similar geometric shape, is superimposed on the background. The main title is written in a large, bold, light blue font with a dark blue drop shadow.

# L'Universo

**A cura della prof.<sup>ssa</sup>**

**Barone Antonina**

**Oggi come 10.000 anni fa,  
l'uomo si pone domande  
sull'universo che lo circonda.**

- ❖ **Come si è formato?**
- ❖ **Qual è la sua struttura?**
- ❖ **Di che cosa è fatto?**

# Le competenze

- ❖ Una volta il problema era di competenza dei filosofi ( Aristotele, Galileo, Kant ).
- ❖ Oggi rispondere a queste domande è privilegio degli astronomi.
- ❖ Questi con gli osservatori più potenti ed i rivelatori più sensibili sondano le profondità del cielo.

# Gli Strumenti

- ❖ **Telescopi ottici;**
- ❖ **Radiotelescopi;**
- ❖ **Interferometri;**
- ❖ **Telescopi Spaziali.**

# La cosmologia

---

- ❖ La scienza che cerca di dare risposte alle domande che da sempre si pone l'uomo è la **COSMOLOGIA.**
- ❖ Essa studia :  
**la composizione chimica,  
l'origine,  
l'evoluzione dell'Universo.**

# Un po' di storia

- ❖ Nella storia del pensiero scientifico occidentale **la cosmologia** ha avuto un ruolo importante e legato alla filosofia e alla religione (Aristotele, Tolomeo, la Bibbia). "Teoria geocentrica"
- ❖ Con Copernico, Galileo e Keplero si passa dal geocentrismo all'eliocentrismo "Teoria eliocentrica".
- ❖ Sempre, però, si tratta di teorie che considerano un Universo assai limitato e che comprendeva, al più, il nostro Sistema Solare.

# OGGI

- ❖ Oggi noi sappiamo che la Terra fa parte di un sistema planetario che a sua volta è parte della Via Lattea che è la nostra Galassia e che non è altro che una delle moltissime galassie dell'Universo.
- ❖ Fu l'astronomo **Edwin Hubble** che, soltanto negli anni '20, scoprì che alcune stelle facevano parte di altre galassie lontanissime dalla nostra.

# Di cosa è fatto l'Universo?

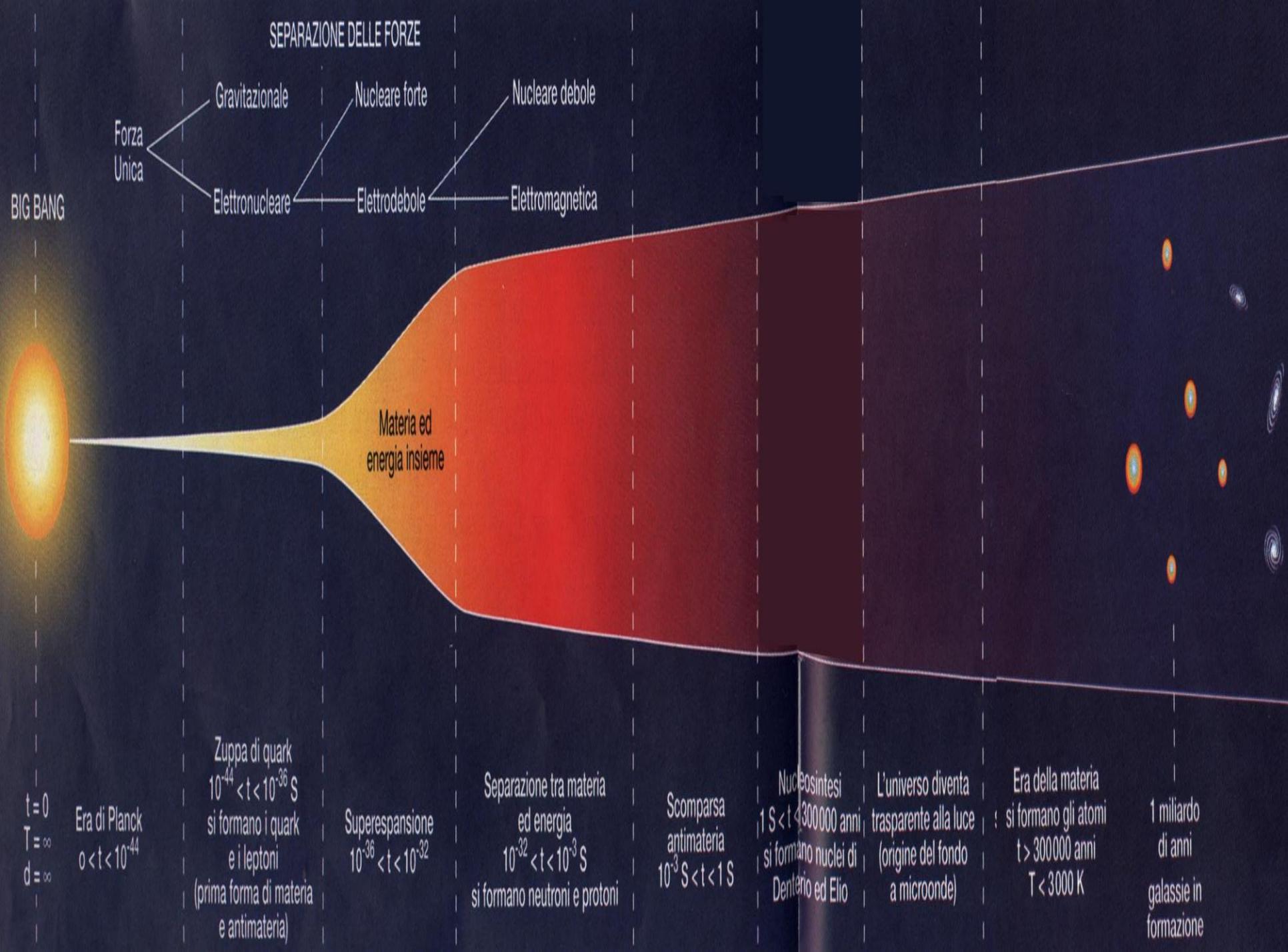
- L'elemento chimico più abbondante dell'Universo è L'idrogeno.
- L'H insieme agli altri elementi ( He, Li, C, etc.) si trovano in uno stato di **"Plasma"**.
- questo materiale si trova organizzato in strutture via via sempre più complesse:
- **Soprattutto stelle, costellazioni, Galassie.**

# Come si è formato l'Universo?

- Il primo a proporre lo scenario dell'esplosione fu l'abate **Lemaitre** nel '27,
- **Hubble**, nel '29, scoprì, analizzando la radiazione emessa dalle galassie (red shift), che esse si stavano allontanando reciprocamente,
- Negli anni '40 il fisico **Gamow** ipotizzò che gli atomi più leggeri si siano formati nei primi istanti di vita dell'Universo,
- Nel '65 la scoperta della radiazione di fondo cosmica.

# La teoria evolutiva del "Big Bang",

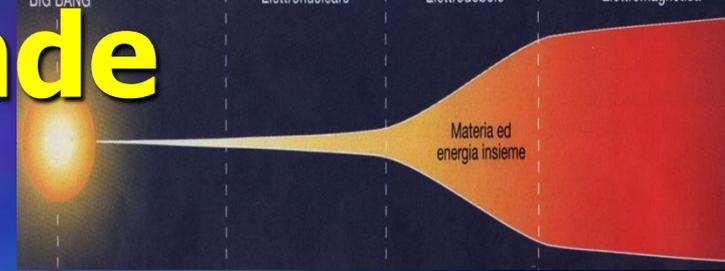
- La constatazione che l'Universo si espande ha condotto alla teoria evolutiva del "Big Bang", cioè di un'enorme esplosione iniziale, per spiegare la sua nascita.
- La teoria del "Big Bang" è oggi la più accreditata perché ci consente di spiegare numerose osservazioni e, anche se presenta qualche problema ancora non risolto, non ha alternative valide.



# Il "Tempo di Planck"

- Secondo gli astrofisici l'Universo non cominciò all'istante **"Zero"**, ma ad un istante detto **"Tempo di Planck"**  $10^{-43}$  secondi dopo il Big Bang.
- Prima tutta la materia e l'energia erano concentrati in una **"Singolarità"**: uno stato estremo dove non esistono i concetti di spazio e tempo.
- Al tempo di Planck l'Universo era caldissimo e piccolissimo.
- Successivamente si formarono i **quark** dai quali nacquero **protoni e neutroni** con le relative **antiparticelle**.

# Dopo $10^{-35}$ : la grande inflazione



- Successivamente seguì un periodo in cui l'Universo aumentò le sue dimensioni di un fattore  $10^{50}$ .
- Questo periodo è chiamato periodo della grande inflazione

# Da $10^{-23}$ a $10^{-6}$ secondi

- l'Universo era delle dimensioni di un protone.
- Protoni ed antiprotoni si annichilarono trasformando le loro masse in energia elettromagnetica.
- Successivamente annichilarono anche gli elettroni e gli antielettroni.
- Queste annichilazioni produssero grandi quantità di energia elettromagnetica. ("era radiativa").

# Tra 1 secondo e 300.000 anni

- Si formarono i primi nuclei di Deuterio e, successivamente, quelli di Elio e Litio;
- La **T.** scese sotto i 10 miliardi di gradi;
- Si ebbero le prime reazioni di fusione nucleare;
- Materia ed energia erano molto accoppiate e si trasformavano l'una nell'altra continuamente;
- A 300 000 anni la **T.** scese ancora, materia ed energia si disaccoppiarono e **l'Universo divenne trasparente.**

# Dopo 100 milioni di anni

- La **T.** scese sotto i **4000°** ;
- Gli elettroni si unirono ai nuclei e la materia divenne neutra (atomi);
- Radiazione e materia interagirono sempre meno.

# Nel miliardo di anni successivo

- La materia poté cominciare ad aggregarsi per formare le **protogalassie**;
- Gigantesche nubi di gas freddissimo ( $-220^{\circ}\text{C}$ ), per collasso gravitazionale, dettero origine alle **galassie**.

**Dopo circa  
2/3 miliardi  
di anni**

- **Le galassie si unirono in ammassi.**

**Dopo 4 miliardi  
di anni**

- **Si formarono le prime Stelle.**

# 15 miliardi di anni

---

- L'Universo nel frattempo si era espanso e rarefatto;
- La radiazione era diventata molto meno energetica;
- Aveva cominciato ad assumere l'aspetto che oggi conosciamo.

# Il Big Bang è solo una teoria?

- Il "Redshift" (spostamento verso il rosso)
- La CMBR (radiazione di fondo cosmico a microonde)

**sono le prove che l'Universo si è formato in seguito ad una grande esplosione**

# Qual è la struttura dell'Universo?

---

- Molti modelli sono stati proposti, in questi ultimi anni, da autorevoli astrofisici.

# Universi paralleli.

$U_1$

$t = \text{costante}$

■ Le equazioni della relatività einsteiniana ammettono soluzioni compatibili con l'esistenza di universi paralleli, tra i quali l'informazione fluisce attraverso cunicoli spazio-temporali.

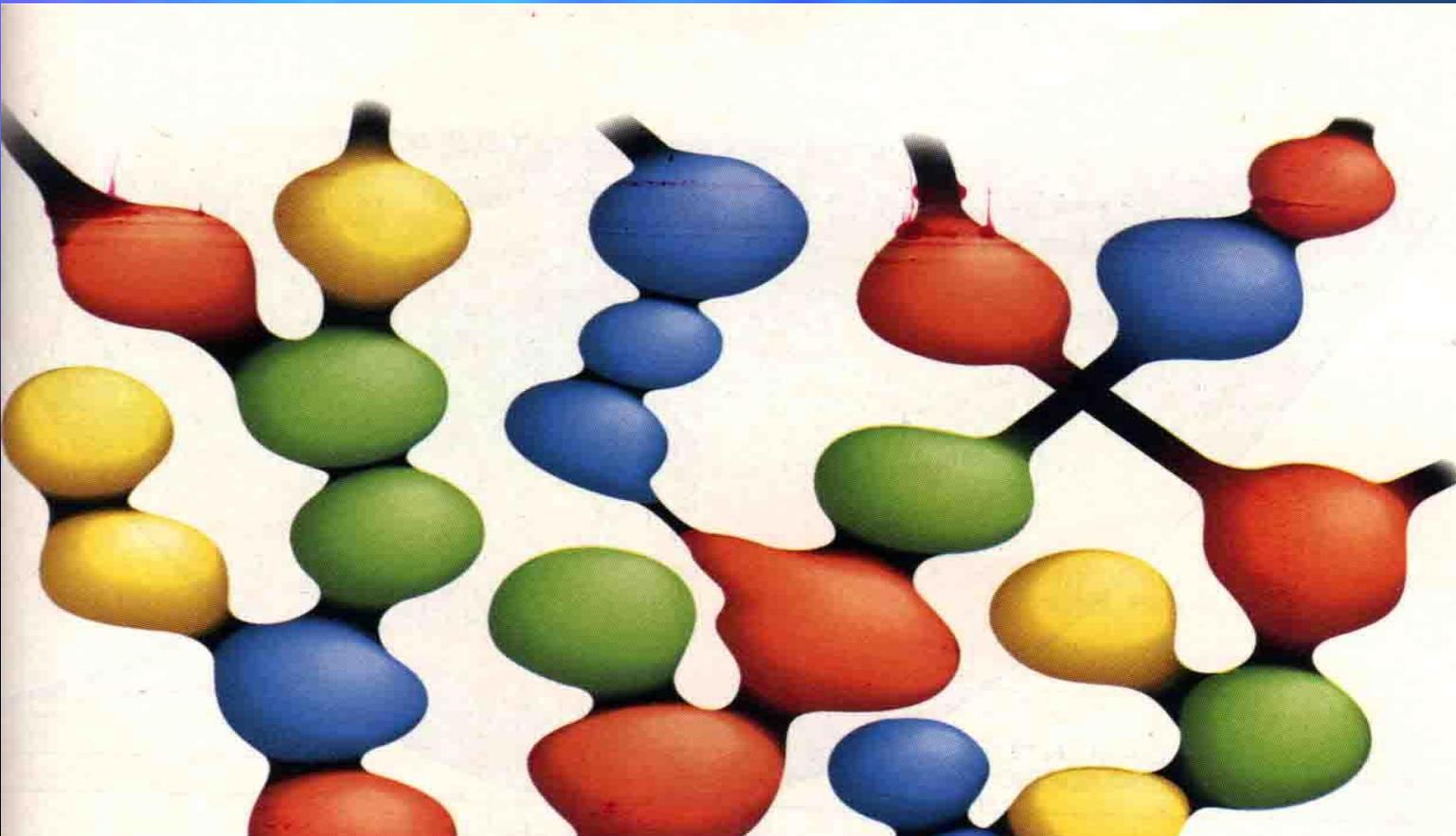
$U_2$

$t = \text{costante}$

# Universi a bolle

- Alcuni scienziati ritengono che sia plausibile pensare che il nostro universo sia solo uno dei tanti creatisi come Nel nostro U. le condizioni si sono rivelate favorevoli alla vita.

# Un Universo a bolle capace di autoriprodursi



# Un Universo frattale



- L'osservazione della presenza di strutture di galassie molto estese e di grandi spazi vuoti, ossia di grandi irregolarità nell'Universo a vasta scala, ha portato alcuni astronomi a proporre per l'Universo una struttura frattale,
- I frattali sono strutture molto irregolari: alberi, nuvole, montagne, fulmini.

# La struttura dell'Universo.

- Omogeneo su larghissima scala;
- Non uniforme distribuzione di galassie;
- Queste formano giganteschi fogli o filamenti;
- Gli ammassi sono separati da regioni vuote dette "voids".
- L' Universo è, quindi, una sorta di "spugna".
- Ammassi di G. sono in movimento verso altri enormi ammassi di G dette "attrattori."

# La materia oscura

- **Il modo in cui si sono formate le strutture su larga scala dell'Universo dipende dal campo gravitazionale, cioè dalla quantità totale di materia presente.**
- **La materia luminosa, quella che emette radiazione elettromagnetica, è solo una frazione insignificante di tutta la materia presente nell'Universo.**

# **Le prove dell' esistenza della "materia oscura"**

- **Negli ultimi decenni, gli astronomi hanno raccolto svariate prove dell'esistenza di una materia invisibile che lega galassie e ammassi di galassie con la sua forza gravitazionale.**

**VEDIAMOLE.....**

# La rotazione delle galassie a spirale.

- Studiando le galassie a spirale, si osserva che:
- La velocità di rotazione delle stelle situate nelle parti esterne è maggiore del previsto.
- Ciò si può giustificare solo supponendo che in queste regioni sia presente una grande quantità di materia non luminosa.

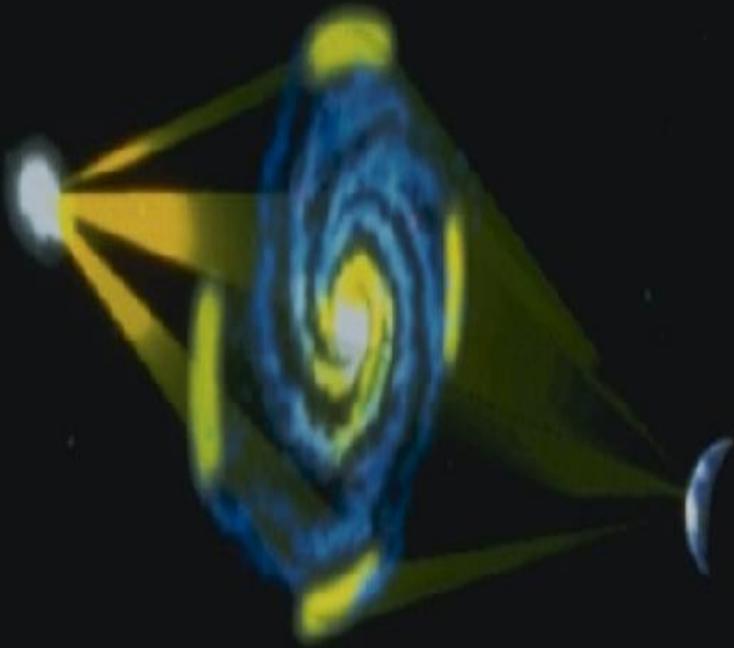


# La diversa velocità negli ammassi di galassie

- la velocità massima che le galassie possono raggiungere.
- Si è potuto osservare che tale velocità è superiore anche di 100 volte.
- Ciò significa che il campo gravitazionale è molto intenso e d è legato a materia non osservabile.

# Le lenti gravitazionali

- Sono aggregazione di materia, il cui campo gravitazionale è così intenso da causare una deviazione nel percorso dei raggi di luce che vi passano vicino.



# Qual è la natura della "materia oscura"

- Pianeti, nane brune (stelle mai nate),
- Neutrini massivi (i neutrini non hanno massa),
- Assioni, fotini, gravitini, squark,
- WIMPs (particelle elementari previste dalla teoria delle superstringhe).

# A che punto siamo?

- In questo momento noi sappiamo che l'universo si sta ancora espandendo (redshift),
- Un modello di espansione dell'Universo fu proposto da Friedmann nel 1922;

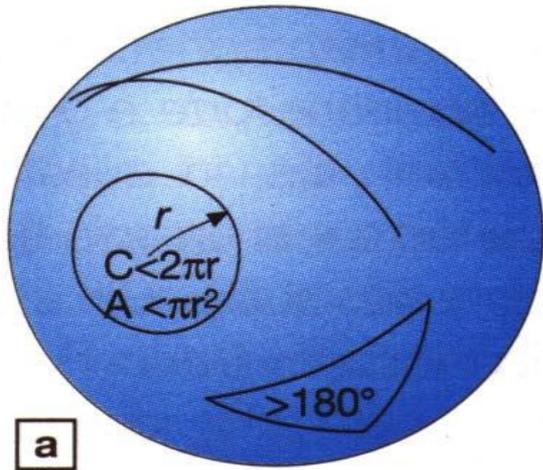
## Secondo questo modello

- non sono le galassie ad allontanarsi ma è lo spazio che si dilata, trascinando con sé tutti gli oggetti che contiene.

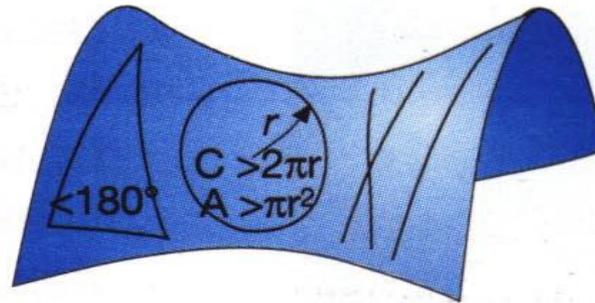


# Quale destino per l'Universo?

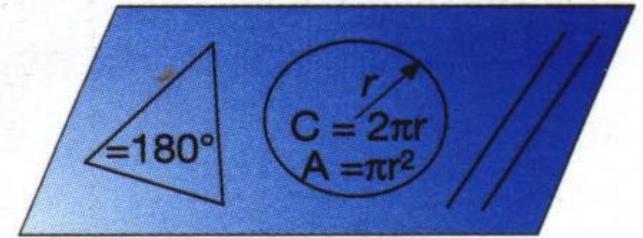
- All'interno dell'Universo agiscono due forze:
  1. La spinta dell'espansione che le allontana;
  2. La gravità che le tiene unite.
- Quale sarà la fine dell'Universo sarà deciso da quale delle due prevarrà, e cioè dalla densità dell'Universo.
- "OMEGA" è il rapporto fra la densità reale di materia presente nell'Universo e la densità critica (densità al di sopra della quale la gravità prevarrà sull'espansione).
- **Tre sono le possibilità.....**



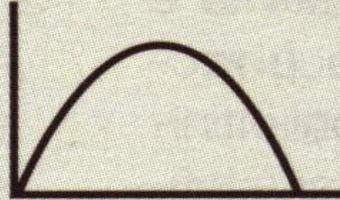
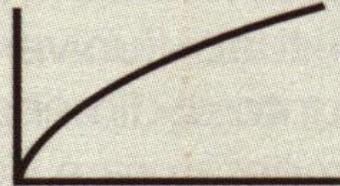
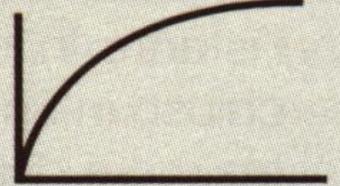
**a**



**b**



**c**

Caratteristiche		chiuso	aperto	piatto
Parametro di densità $\Omega$	$\frac{\text{densità effettiva}}{\text{densità critica}}$	$\Omega > 1$	$\Omega < 1$	$\Omega = 1$
Parametro decelerazione $q_0$	$\frac{\text{distanza}}{(\text{velocità})^2}$	$q > 1/2$	$q_0 < 1/2$	$q = 1/2$
Futuro dell'universo		Collasso finale 	Espansione perpetua 	Espansione tendente a zero 

---

**DOMANDE?**