

Cartoline dal big bang

Carlo Baccigalupi

SISSA, settore di Astrofisica



Contenuto

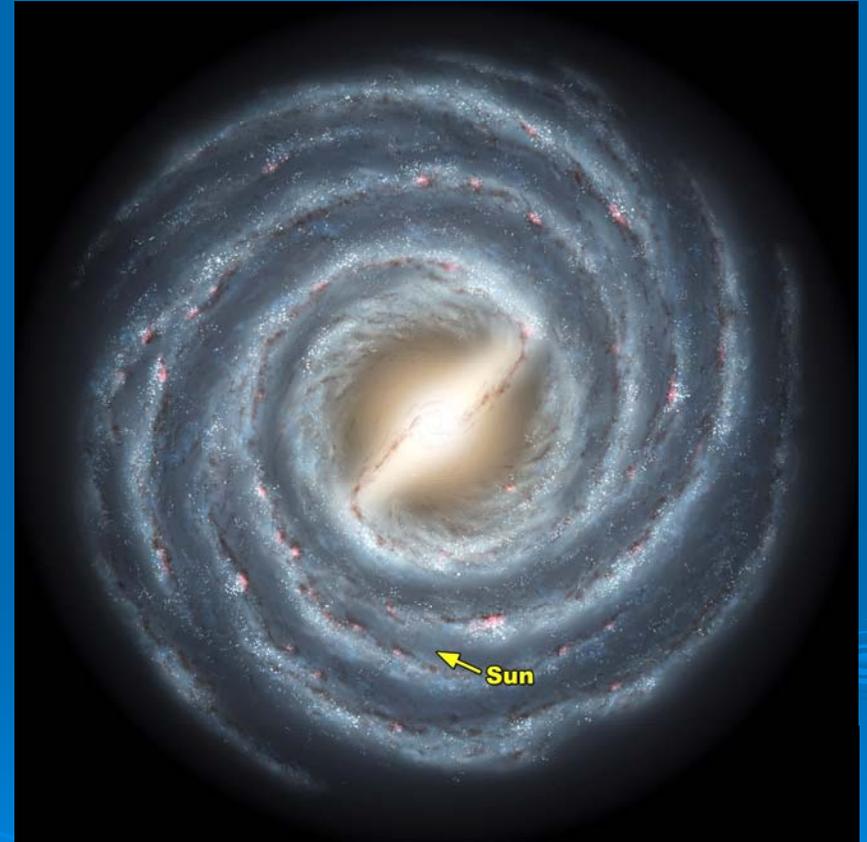
- Quanto è grande l'Universo?
- La radiazione cosmica di fondo: un fossile osservabile del Big Bang!
- Cosmologia di precisione e fisica fondamentale, le nuove sfide alla conoscenza
- Il prossimo futuro: il satellite Planck, il Big Bang ad alta definizione!

Quanto è grande
l'Universo?

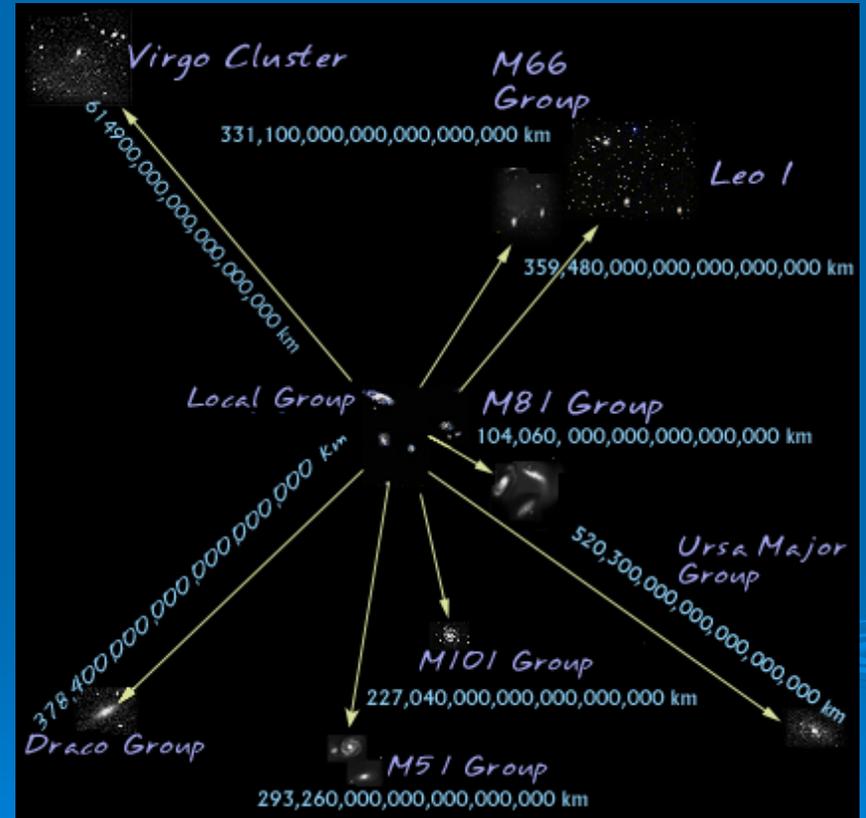
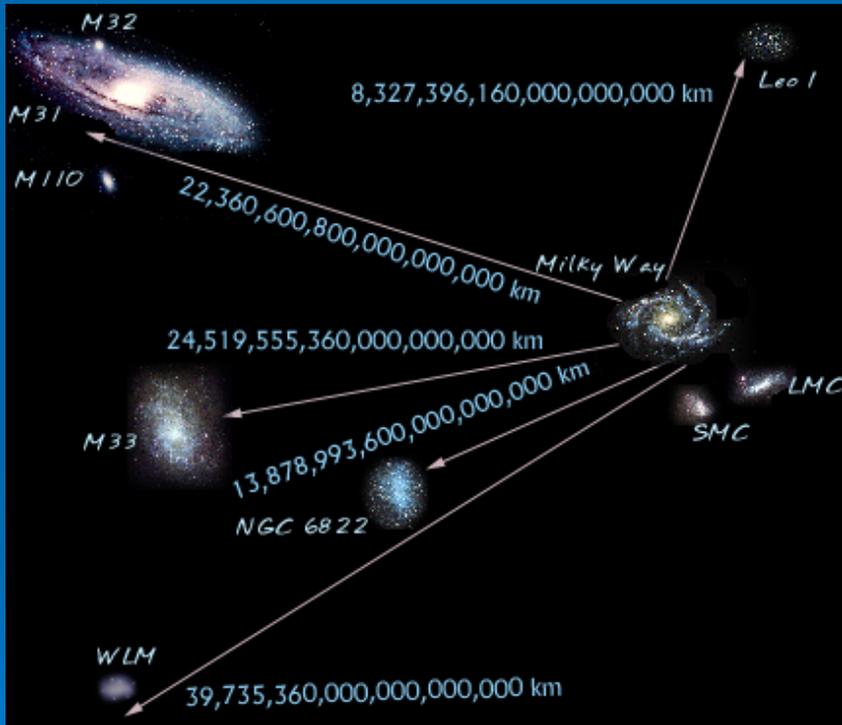


La Via Lattea

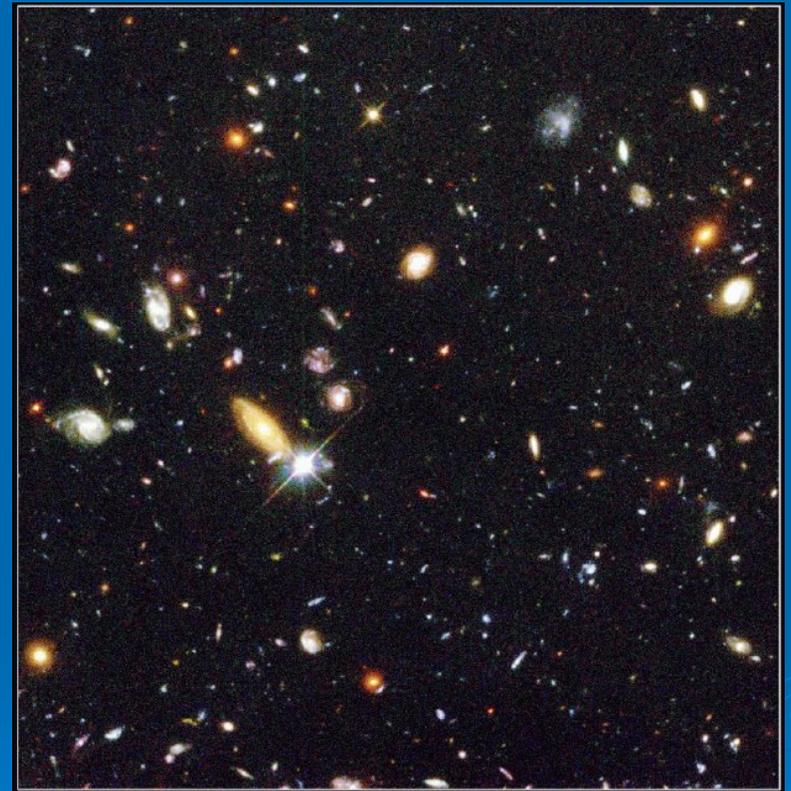
- Il sistema solare è situato nella periferia di una normale galassia spirale, la Via Lattea
- Essa contiene circa 400 miliardi di stelle
- In lunghezza, essa è circa 100 milioni di volte il sistema solare



Il gruppo "locale"



Oltre...milioni di galassie...dietro una moneta



Hubble Deep Field
Hubble Space Telescope • WFPC2



Il fossile del Big Bang: la radiazione cosmica di fondo



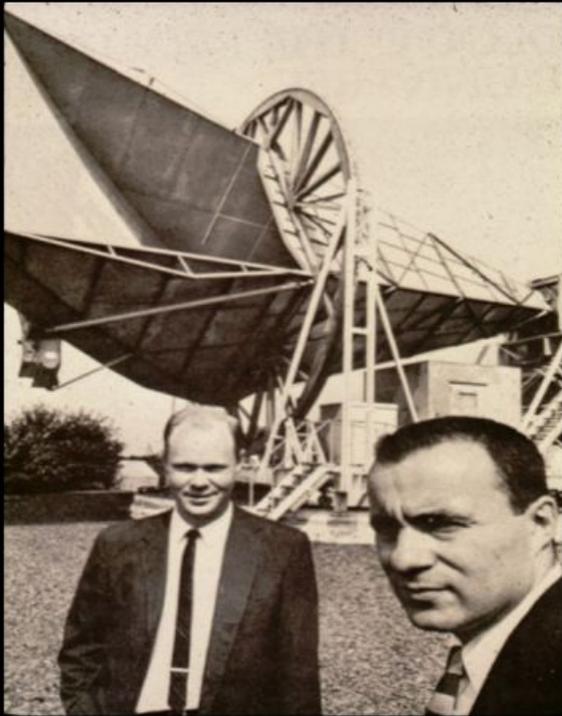
Riceviamo segnali dalle regioni oltre le galassie piú lontane?

- L'Universo si espande, e nel passato era caldo e compresso, tanto da innescare esplosioni termonucleari
- Ralf Alpher, Hans Bethe, George Gamow, nel 1948, predissero che la radiazione derivante da tali esplosioni dovrebbe essere rilevabile oggi, ed avere una temperatura di pochi gradi sopra lo zero assoluto



La scoperta della radiazione di fondo

Arno Penzias and Robert Wilson

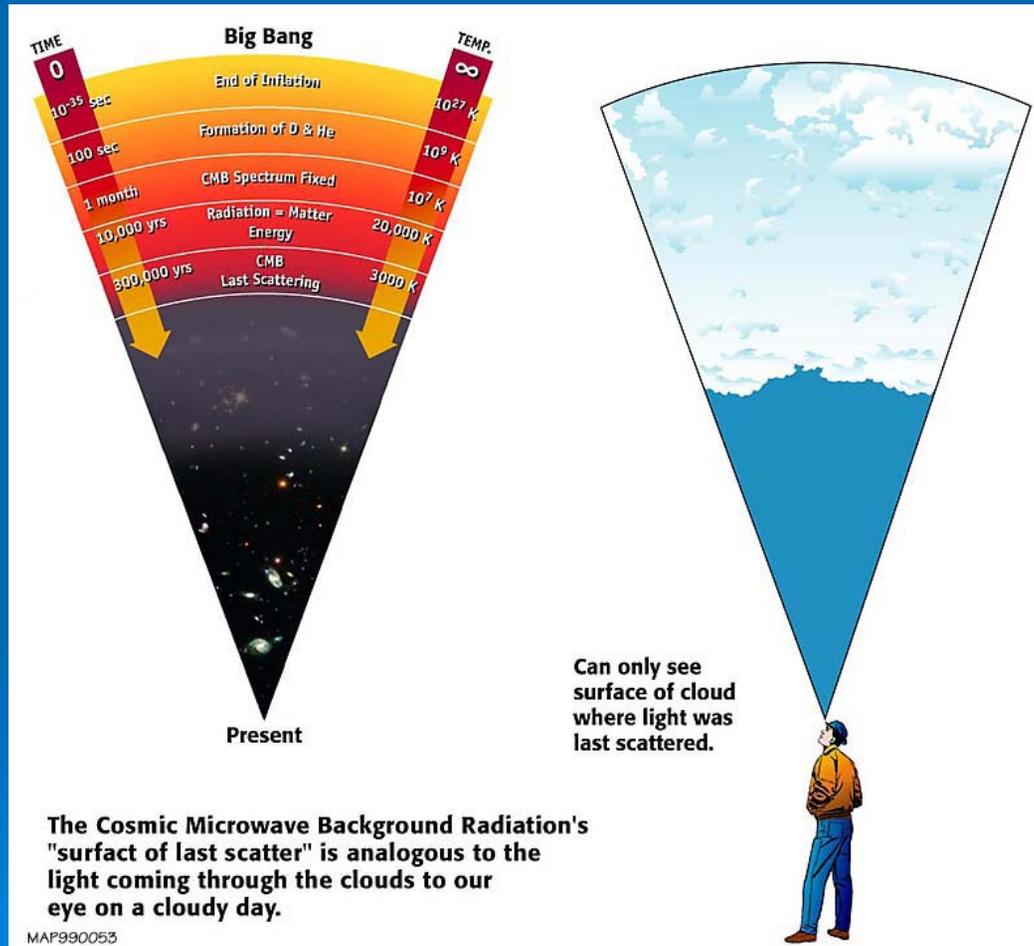


Early 1960s - Penzias and Wilson are hired by Bell Labs to evaluate the performance of the new radio telescope to be used in trans-Atlantic telephone communications.

They find a small, unexplained signal regardless of the direction the telescope is pointed. It is not enough to be a problem, but they are curious.

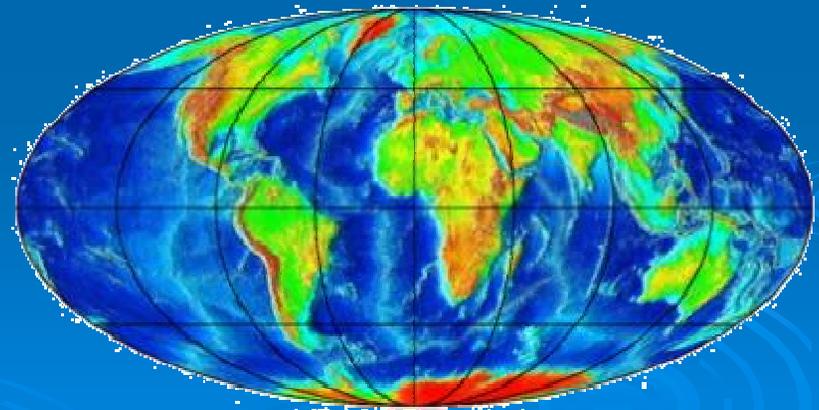
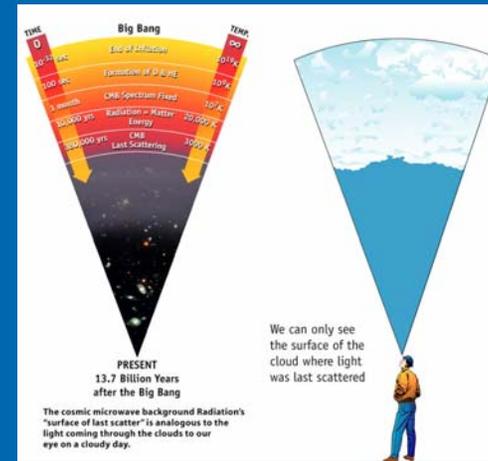
1964 - They become aware that the noise in their telescope is the cosmic background radiation predicted by the Big Bang theory.

Universo in espansione, dal piccolo al grande, dal caldo al freddo

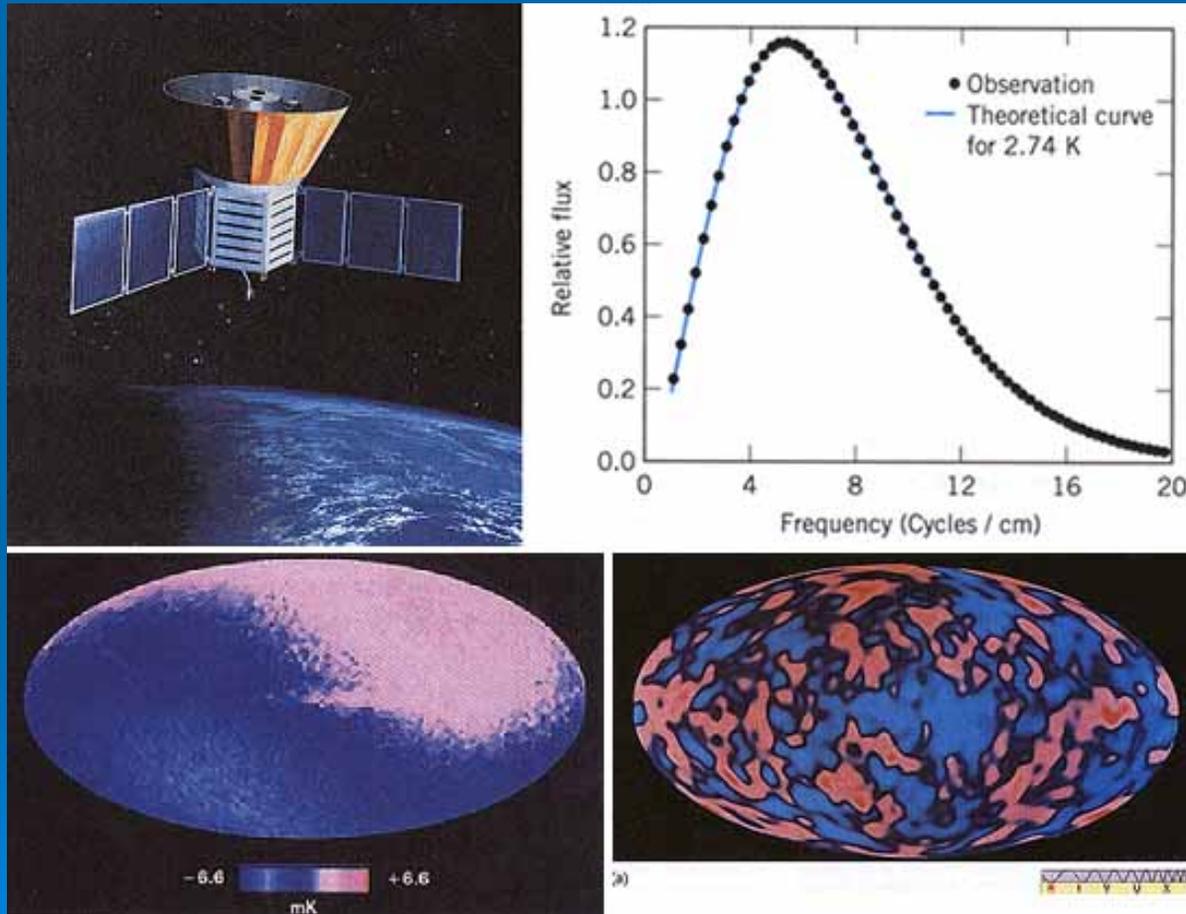


...e quindi...

- Semplici leggi fisiche predicono che le regioni piú o meno dense emettono radiazione piú o meno calda...
- Ma allora, l'immagine della radiazione di fondo è una fotografia delle strutture create dal Big Bang! Proprio l'immagine della Terra ci fa vedere le sue strutture!
- Subito dopo la scoperta, parte la ricerca delle disomogeneità nella radiazione di fondo...

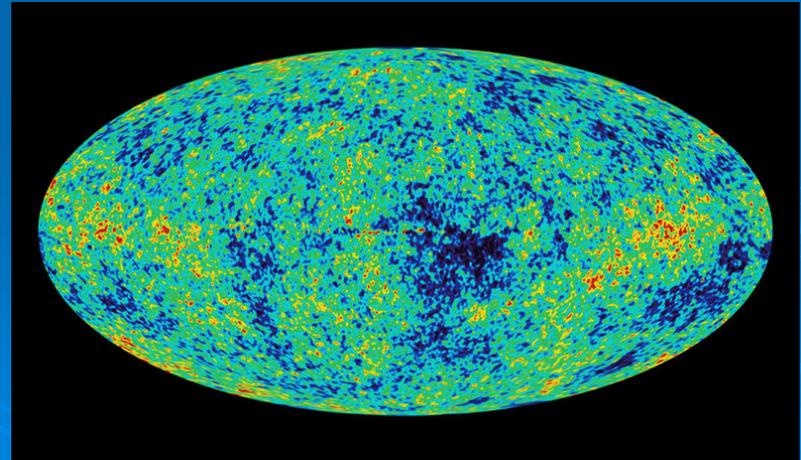
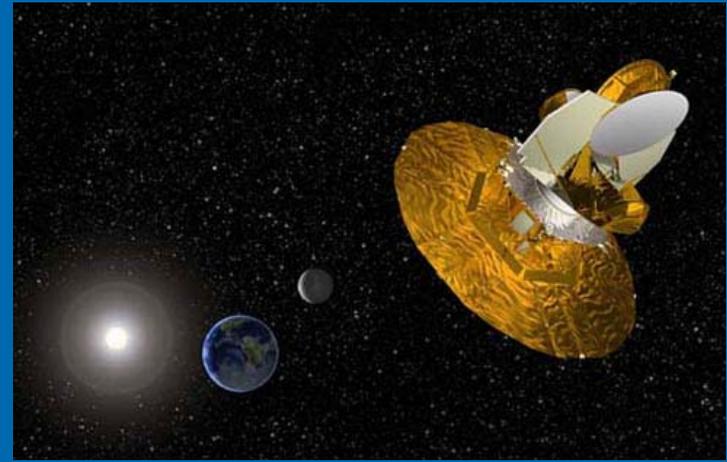
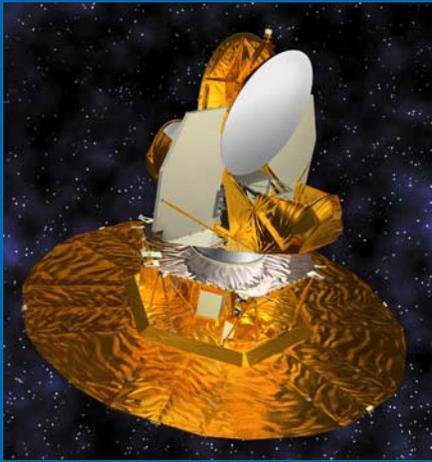


COsmic Background Explorer (COBE)

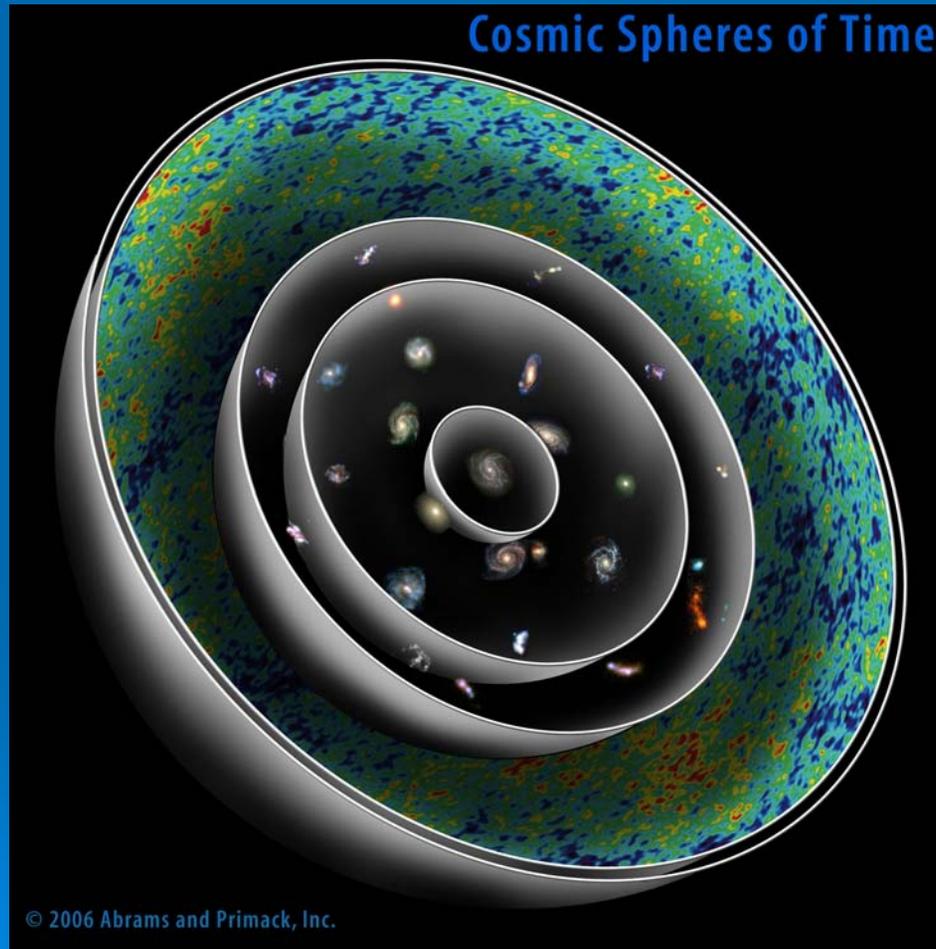


Premio nobel per la fisica 2006 a John Mather e George Smoot

Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP, in operazione ora)



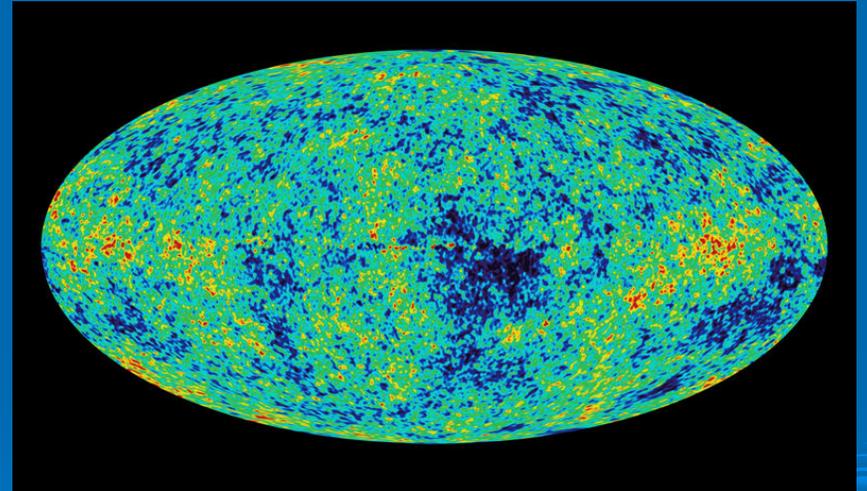
L'Universo, Settembre 2008



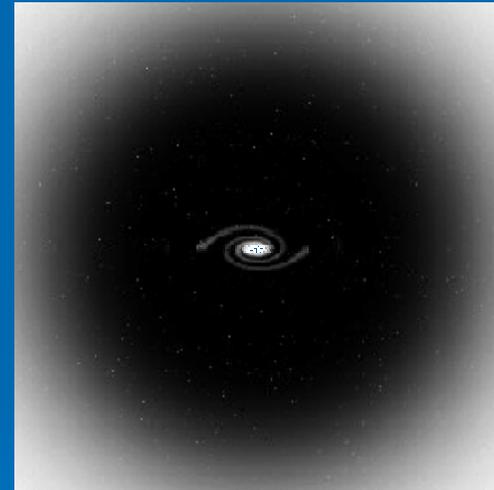
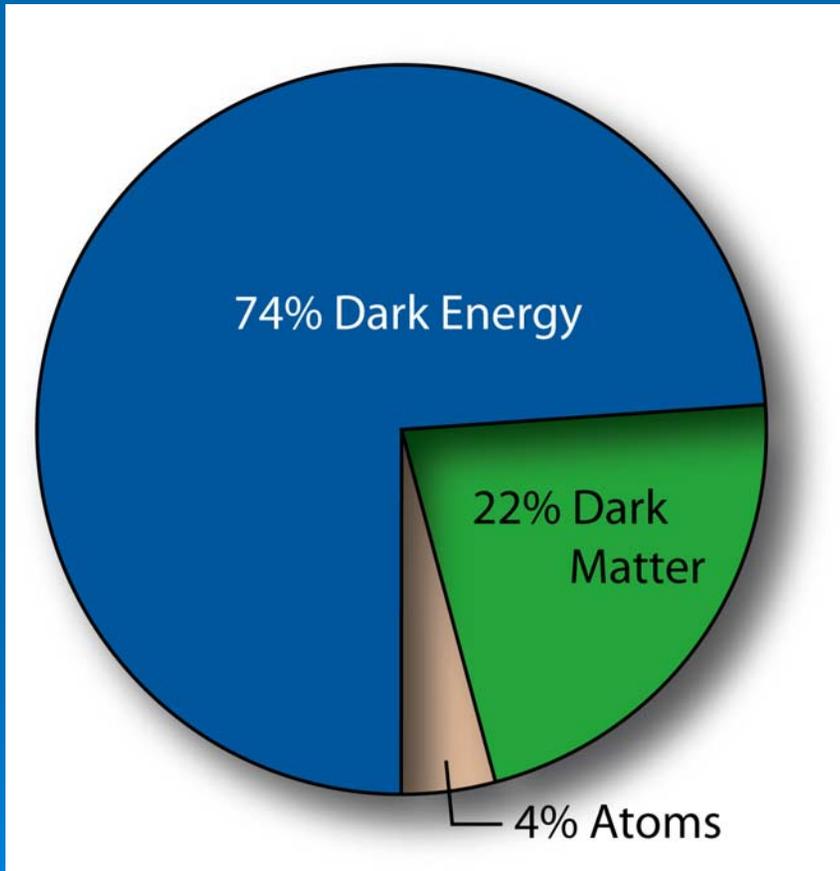
Nuove conoscenze,
nuovi enigmi



Nuove conoscenze: Big Bang ed Inflazione cosmica

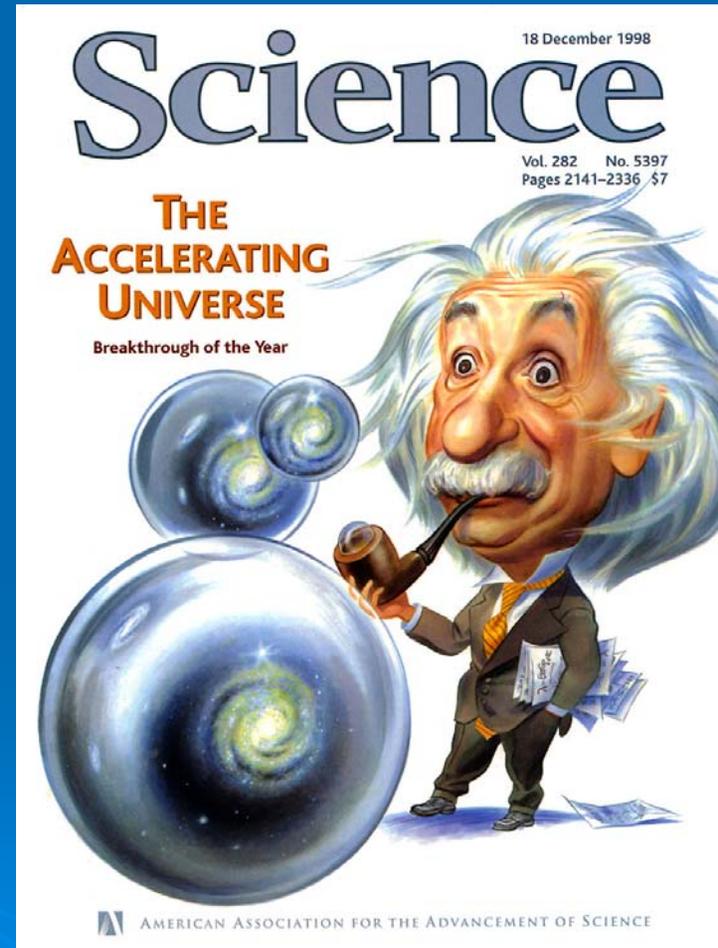


Nuove conoscenze: la composizione del cosmo



Nuove conoscenze: l'espansione accelera!

- Le osservazioni indicano che l'Universo sta accelerando la sua espansione
- L'accelerazione sarebbe iniziata alcuni miliardi di anni fa
- Questo processo può essere ricondotto ad una forma di energia nello spazio vuoto, ipotizzata e poi ritrattata da Einstein ed altri fisici nell'ultimo secolo



Enigmi in cosmologia

FISICA FONDAMENTALE

- Non sappiamo...
- quali processi hanno preceduto l'Inflazione, e se essi sono descritti da una trattazione unificata della gravità e le altre tre forze conosciute
- che cosa ha generato l'inflazione cosmica
- che cosa è la materia oscura
- cosa sta facendo accelerare l'espansione cosmica

Osservare per sapere

- Nei prossimi anni, alcuni enigmi potrebbero essere svelati dai prossimi esperimenti, grazie al progresso tecnologico negli ultimi decenni
- Osservazioni della radiazione di fondo ad altissima risoluzione, il tentativo di vedervi l'impronta di oscillazioni spaziotemporali impresse al Big Bang
- Miliardi di galassie in mappe 3D dell'universo
- Esplosioni di supernove e raggi gamma per ricostruire la storia dell'espansione cosmica
- ``Cugini'' della materia oscura nel Large Hadron Collider
- ...

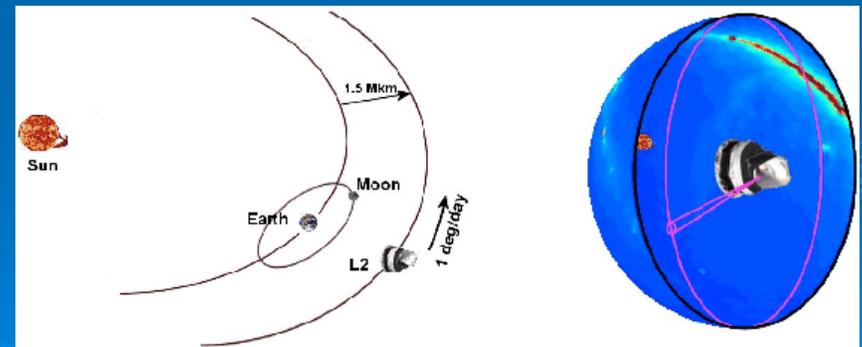
Le attese scientifiche dal satellite Planck

Dal programma scientifico di Planck:
www.rssd.esa.int/Planck



Planck

- Missione di osservazione del fondo cosmico di terza generazione, ESA con partecipazione NASA
- 400 scienziati in Europa e Stati Uniti
- Lancio previsto, seconda metà del 2008
- Due centri di analisi dati: Parigi + Cambridge (IaP + IoA), Trieste (OAT + SISSA)





Davies

Berkeley

Pasadena

Minneapolis

Cambridge

Toulouse

Santander

Oviedo

Brighton

Paris

Milan

Bologna

Oxford

Trieste

Bucarest

Padua

Rome

Helsinki

Copenhagen

Munich

Heidelberg

La collaborazione Planck

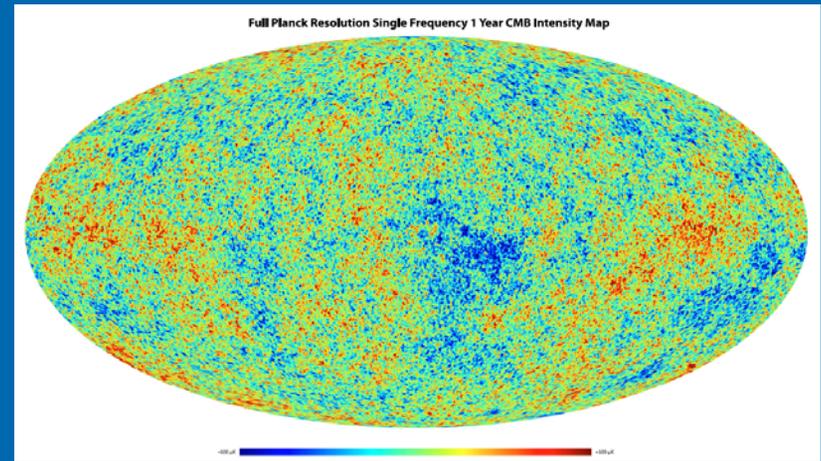
A world map with a dark blue background, where landmasses are highlighted with a dense network of yellow and white dots representing data analysis centers. The map is centered on Europe. Two specific locations are labeled in white text: Paris and Trieste.

Paris Trieste

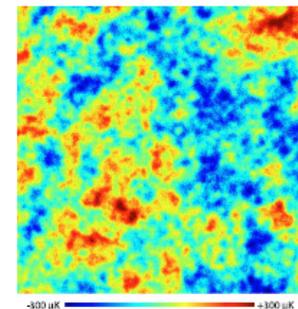
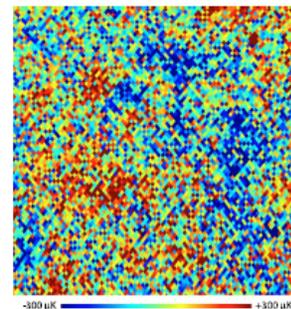
Centri di analisi dati di Planck

Le promesse di Planck: la radiazione di fondo

- L'immagine "definitiva" della radiazione di fondo in intensità totale: una mappa senza precedenti del Big Bang fossile
- Le prime immagini della componente polarizzata: la ricerca della traccia delle onde gravitazionali indotte dall'Inflazione
- Radiazione di fondo ed accelerazione cosmica: l'immagine è distorta dalla recente accelerazione in modo predicibile ed indagabile?

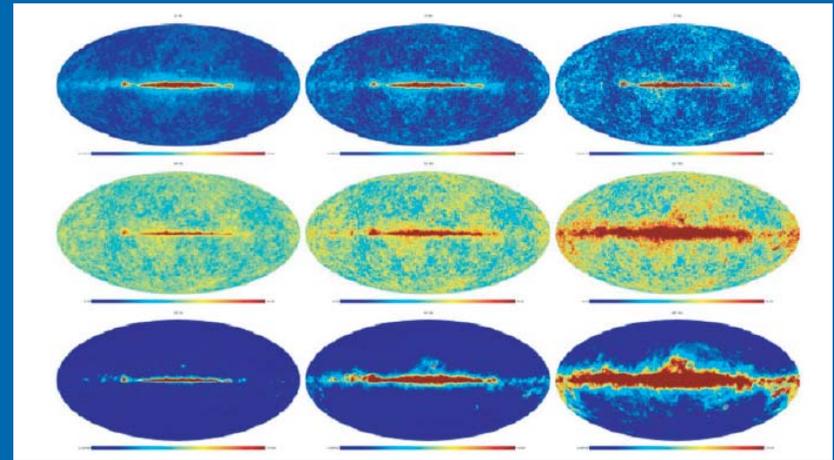


The Same 100 Square Degree Patch Cut From Each Full-Sky Map
- WMAP -
- Planck -



Le promesse di Planck: astrofisica

- La copertura in frequenza, 9 canali da 30 ad 857 GHz, permetterà di riscrivere le nostre conoscenze sulla parte luminosa della materia cosmica,
- decine di migliaia di nuove galassie,
- migliaia di nuovi ammassi di galassie,
- mappe del gas diffuso nella Via Lattea



PLANCK GALAXY SURVEYS					
	FREQUENCY [GHz]				
	143	217	353	550	850
Confusion limit [mJy, 3σ]	6.3	14.1	44.7	112	251
Planck All Sky Survey sensitivity [mJy, 3σ]	26	37	75	180	300
Planck Deep Survey sensitivity [mJy, 3σ]	10	18.4	49	170	280
Number of galaxies [all sky]	570	860	1700	4400	35000

Conclusioni

- Viviamo nell'era della cosmologia di precisione
- Lo studio dell'universo ha subito un progresso senza precedenti negli ultimi decenni, e rappresenta l'unica fonte sperimentale per studiare la fisica alle energie più alte concepibili
- Molti ancora sono i segreti che esso tiene in serbo, e la comunità scientifica sta pianificando esperimenti su vasta scala per estrarli tutti, se possibile
- I dati di uno di essi, Planck, verranno analizzati a Trieste

Ma che c'importa?

- Spendere la vita ed il denaro per pensare a questi misteri cosmici, costruire macchine complicatissime e costosissime per studiare fisica in condizioni estreme...
- Perché? Solo per la conoscenza? Piacere di pochi? C'è qualcosa per la comunità?
- Risposta buona: accendete la luce a casa stasera

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= 4\pi\rho && \text{(Gauss)} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 && \text{(No Monopoles)} \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} && \text{(Faraday)} \\ \nabla \times \vec{B} &= \frac{4\pi}{c} \vec{J} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} && \text{(Ampere)} \\ &&& \text{displacement current}\end{aligned}$$



Ma che ci importa?

- Spendere la nostra vita e soldi per pensare a queste cose, costruire strane e costose macchine per investigare la fisica in condizioni estreme...
- Perché? Solo per la conoscenza? Piacere per pochi? C'è qualcosa per il resto della comunità?
- Risposta cattiva: è nella più micidiale arma realizzata, finora

