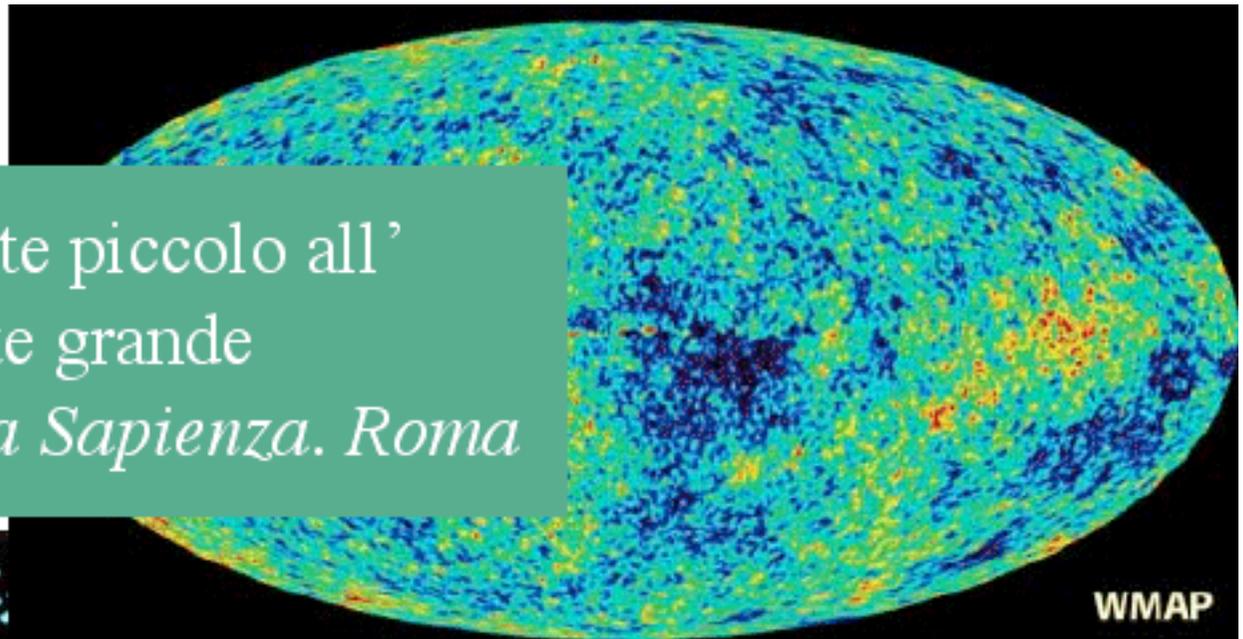
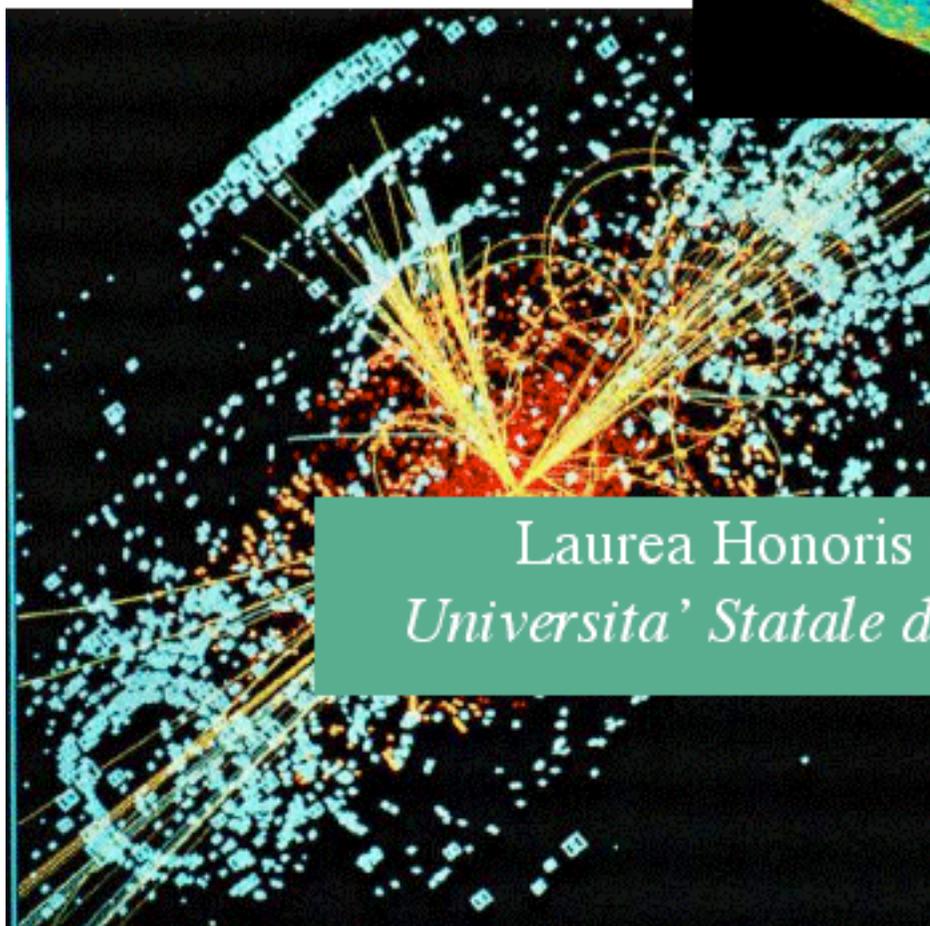


Dall' infinitamente piccolo all'
 infinitamente grande
Luciano MAIANI. La Sapienza. Roma

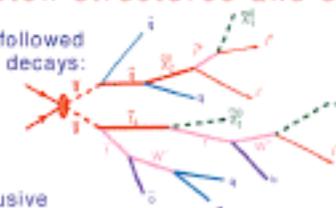


WMAP

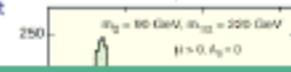


Dilepton structures and sparticle mass reconstruction

production followed by cascade decays:

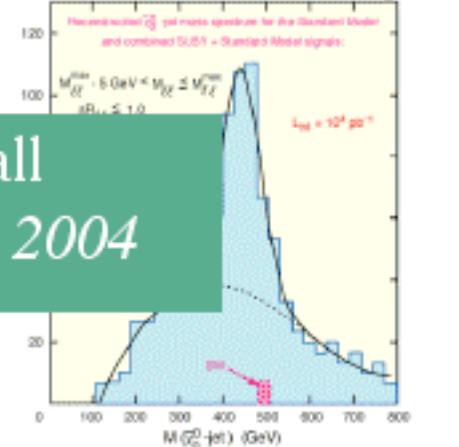


typical inclusive dilepton edge at low tan β :



on the edge of $\tilde{\chi}_2^0 \rightarrow l^+ l^- \tilde{\chi}_1^0$:
 $\beta_{\tilde{\chi}_2^0}^0 = (1 + M_{\tilde{\chi}_1^0}^2 / M_{\tilde{\chi}_2^0}^2) \beta_{l^+ l^-}$ in lab. frame

reconstruct $\tilde{q}_1 \rightarrow \tilde{\chi}_2^0 q$ decay combining $\tilde{\chi}_2^0$ with q-jet and get $m(\tilde{q})$, assuming $m(\tilde{\chi}_2^0) = 0.5 m(\tilde{q})$



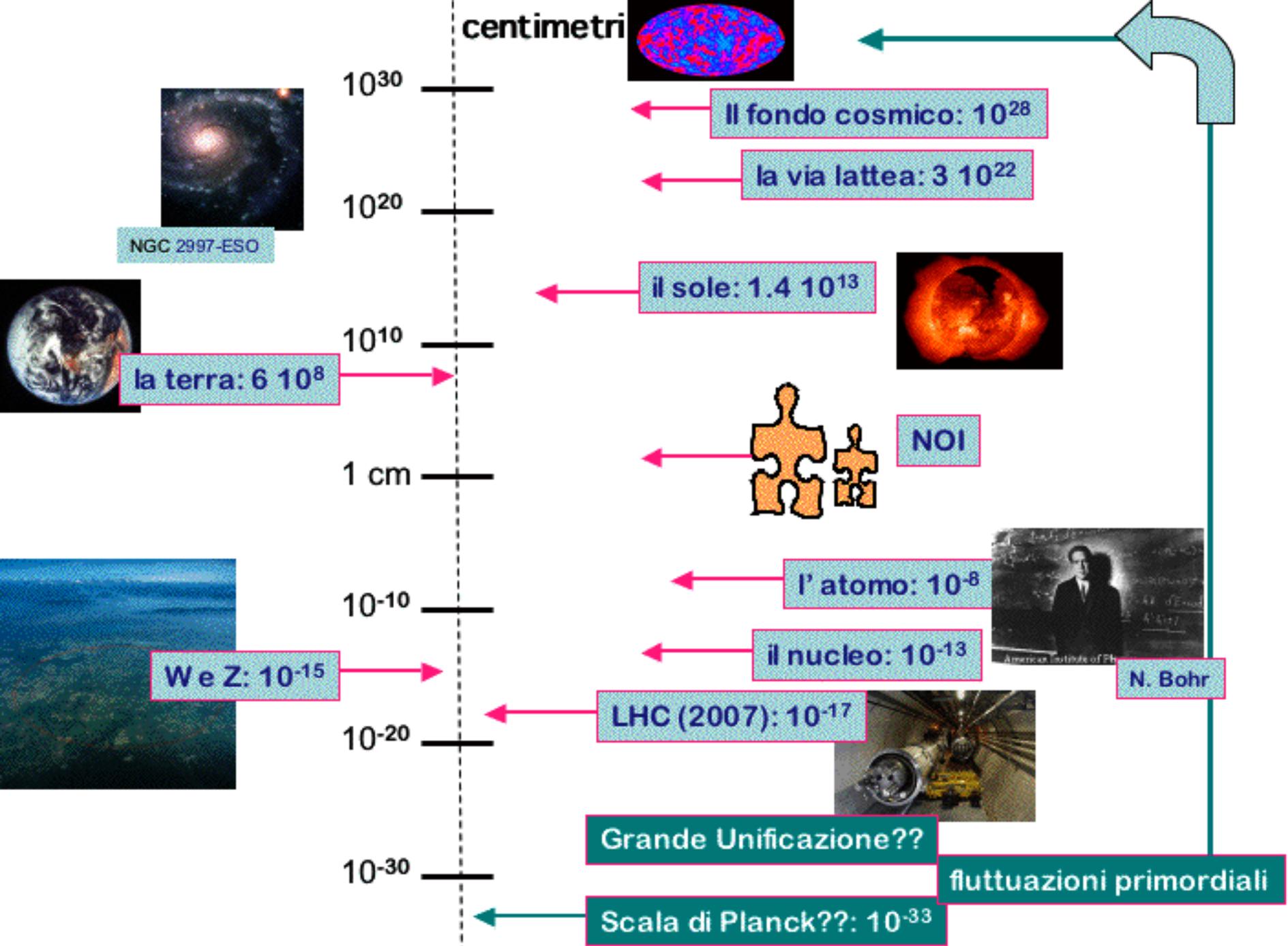
Laurea Honoris Causa a John Bahcall
Universita' Statale di Milano, 6 Maggio 2004

Such cascade decays allow to reconstruct sleptons, neutralinos, squarks, gluinos...in favorable cases with %level mass resolutions

INTRODUZIONE

*.....et semina rerum
.....quod ex illis sunt omnia primis.
... e semi delle cose,
che' gli elementi primi son essi, onde il tutto si forma.*

- Una relazione profonda collega i fenomeni su grande scala ai costituenti fondamentali della materia;
- La relazione tra le cose e i “i semi delle cose”, di cui ci parla Lucrezio.
- Questo legame e' un filo conduttore potente, che ha guidato l' esplorazione del mondo fisico, con alterne fortune;
- Alla frontiera della ricerca di oggi: i collegamenti tra la fisica delle particelle fondamentali e la struttura su grande scala dell' Universo, dagli istanti iniziali dopo il Big-Bang alla strutture che dominano l' Universo di oggi, Galassie, ammassi di galassie, superclusters etc..



SOMMARIO

- Da dove viene l' energia del Sole?
- Big-Bang
- Il bilancio massa-energia nell' Universo: La Materia Oscura;
- Le fluttuazioni del Fondo Cosmico, Materia oscura fredda
- LHC e la ricerca di particelle supersimmetriche
- Problemi completamente aperti:
 - Dimensioni extra?
 - Energia oscura
- Conclusioni

Un esempio, per cominciare

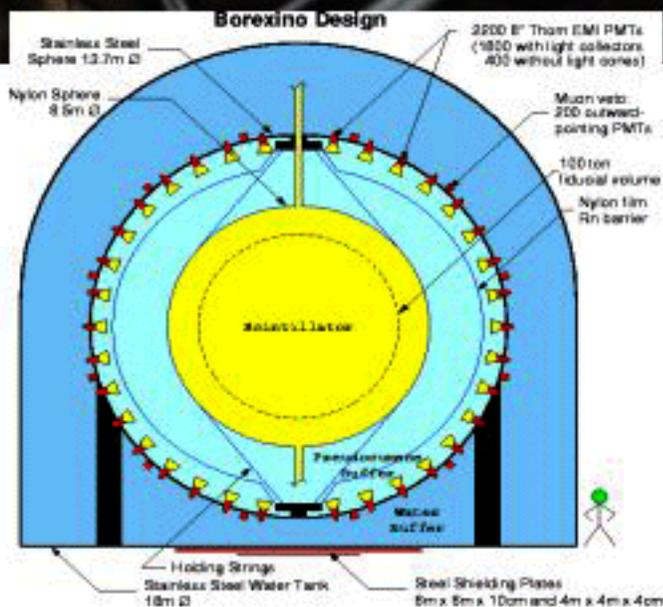
- Da dove viene l' energia del Sole?
- Von Helmholtz (1854), Lord Kelvin, fine '800: Contrazione gravitazionale: energia potenziale \rightarrow calore
 - La scala dei tempi e' sbagliata!
 - Vita del Sole e dei pianeti sarebbe $\sim 10^7$ - 10^8 anni
 - Solide prove sperimentali di esistenza della crosta terrestre e della vita su scala 10^9 anni
- La scoperta del nucleo atomico e delle reazioni nucleari risolve il problema:

permette al Sole di vivere per Miliardi di anni

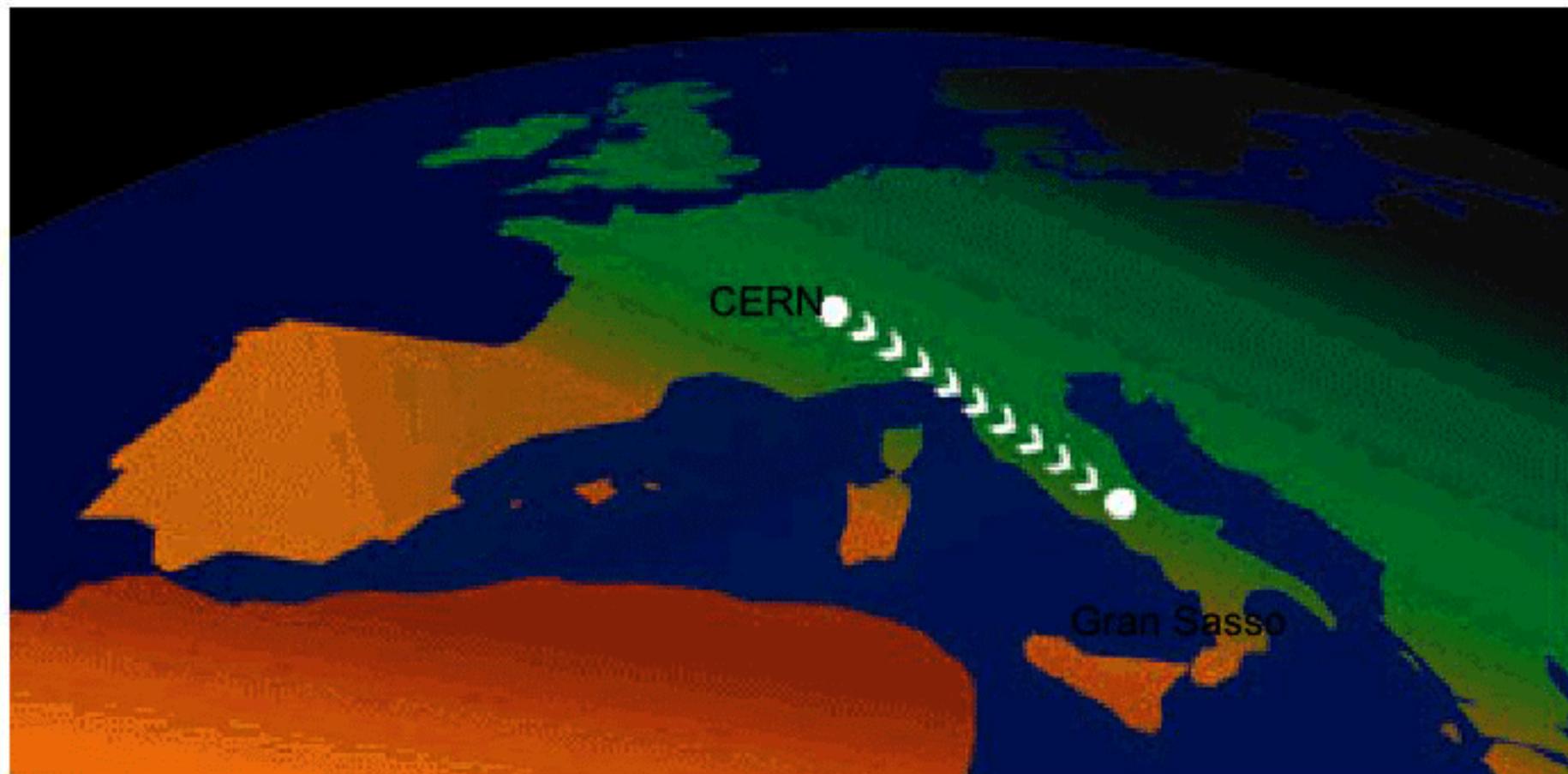
- H. Bethe, anni '30: una teoria completa che ci permette di capire il funzionamento delle stelle;
 $4P \rightarrow 2He^4 + 2e^+ + 2\nu + \text{energia}$
- I dati accumulati negli ultimi 30 anni (Davies e coll., Kamioka Collab., Gallex)
 - I neutrini dalla fusione dell' idrogeni esistono
 - Deficit nel flusso \rightarrow massa e oscillazioni dei neutrini
- Una nuova frontiera cui John Bahcall ha dato contributi fondamentali!

Sale sperimentali dei LNGS

BOREXINO @ Laboratori del Gran Sasso



I fasci a lunga portata: la nuova frontiera della fisica dei Neutrini



Fascio di Neutrini dal CERN al Gran Sasso

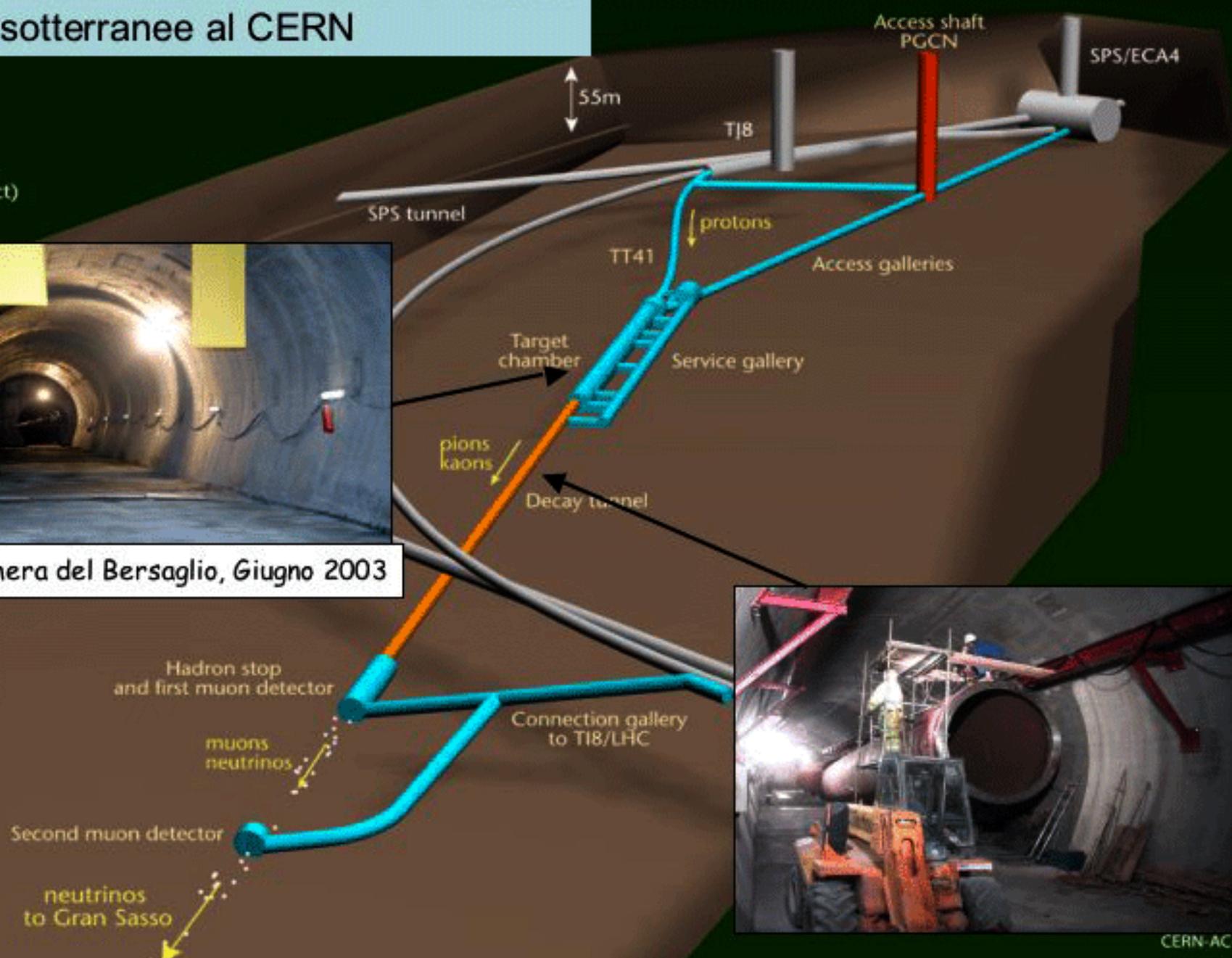
Strutture sotterranee al CERN

- Excavated
- Concreted
- Decay tube (2nd contract)



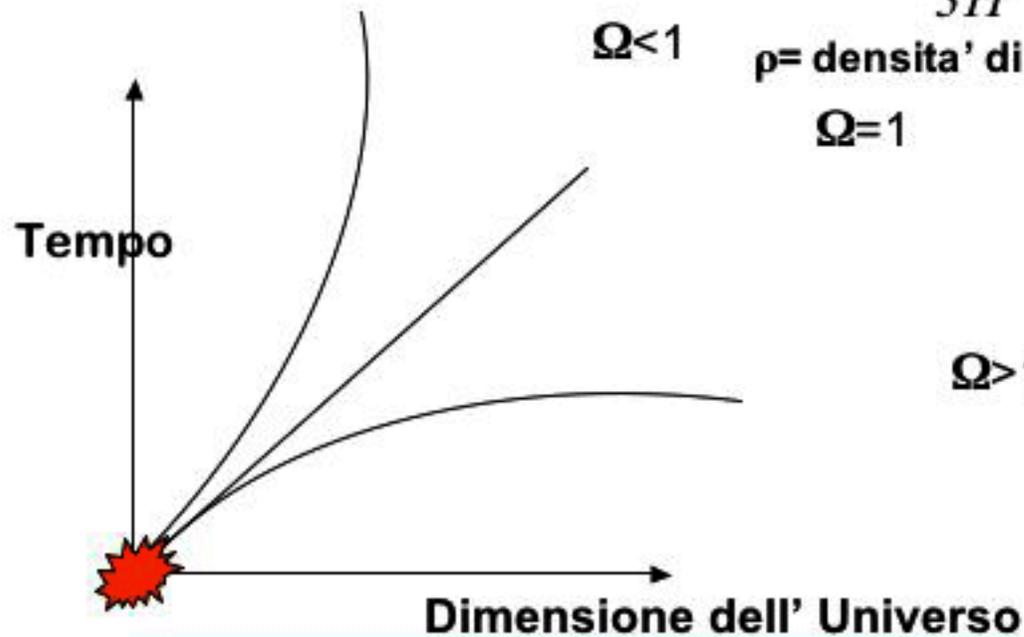
140m

Camera del Bersaglio, Giugno 2003



L' universo in espansione

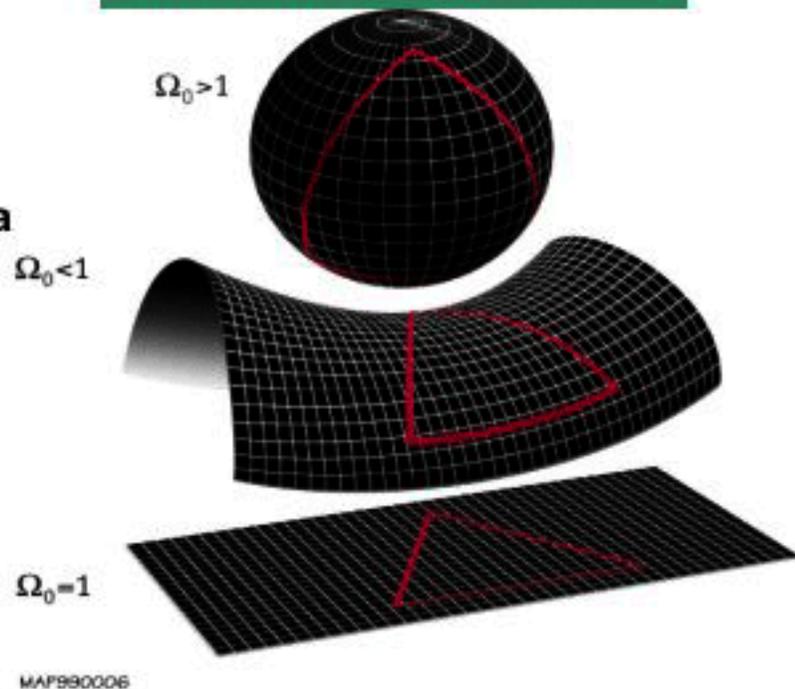
La recessione delle galassie mostra che l' Universo si espande



Friedman... e il destino dell' Universo

Einstein:

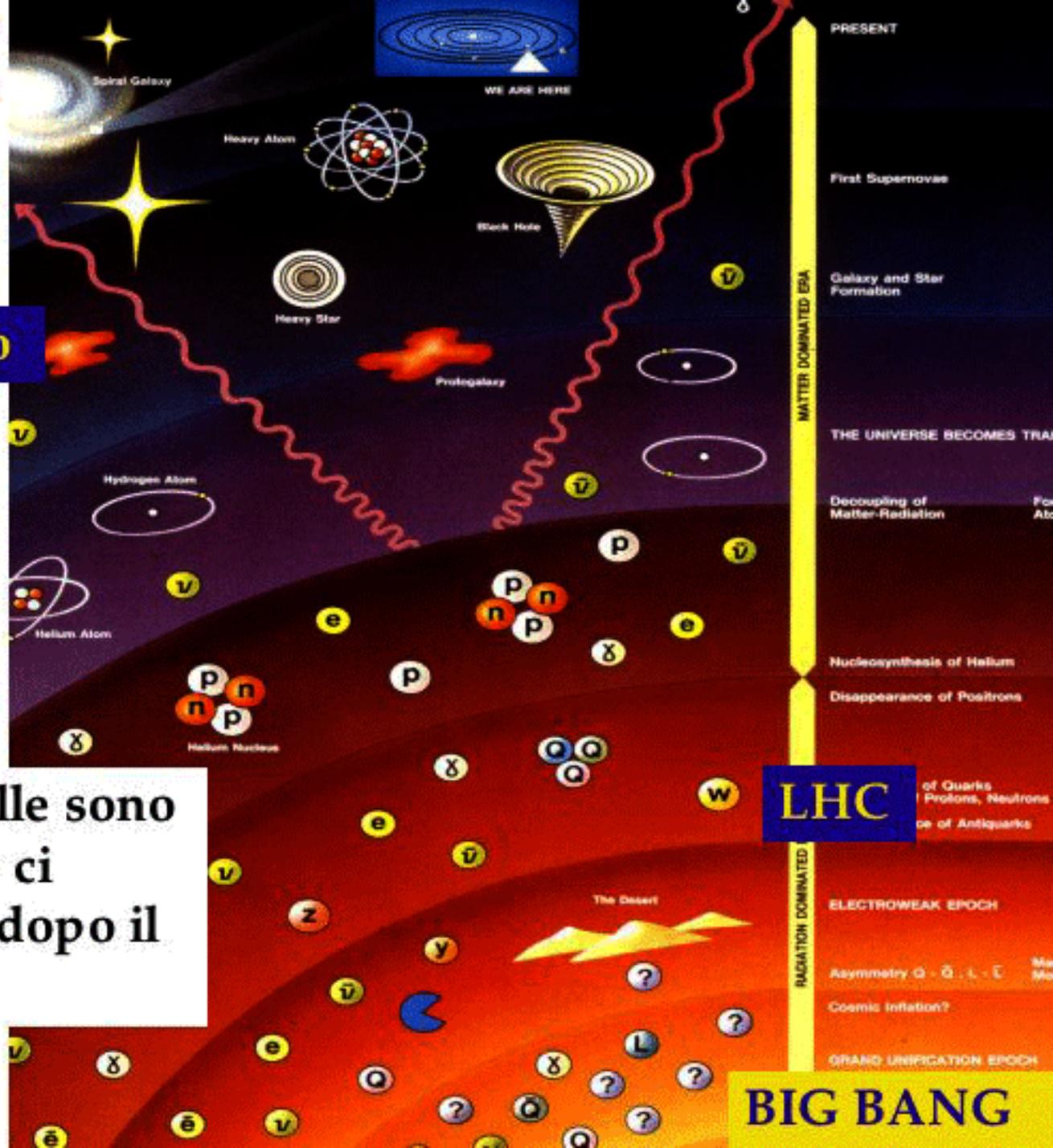
La densita' di energia determina la Geometria



Estrapolando il moto delle Galassie all' indietro, possiamo prevedere che l' Universo ha avuto origine da uno stato ad alta densita' ed alta temperatura: il Big-Bang (Gamow)

Storia dell' Universo

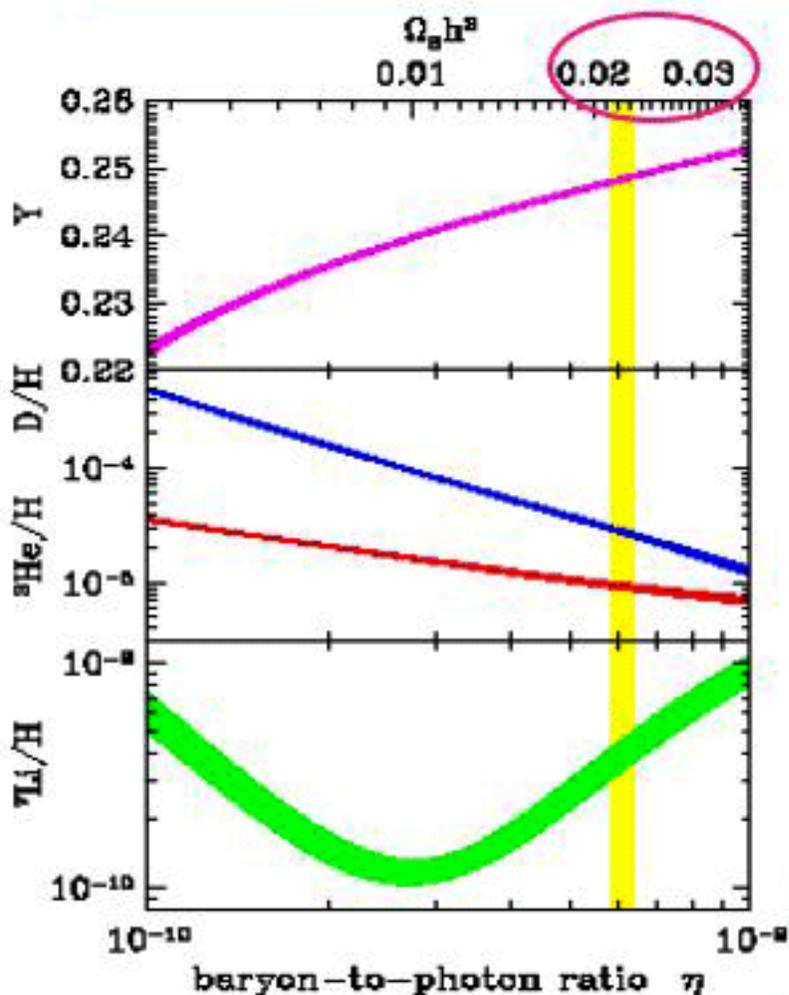
Tempo



Gli acceleratori di particelle sono
Macchine del Tempo, che ci
riportano ai primi istanti dopo il
Big Bang

Milano, 6 Maggio 2004

Massa ed energia nell' Universo: La Materia Oscura



Forti argomenti teorici (inflazione) suggeriscono che debba essere $\Omega=1$

Su scala cosmologica, la materia barionica e' solo qualche % ???

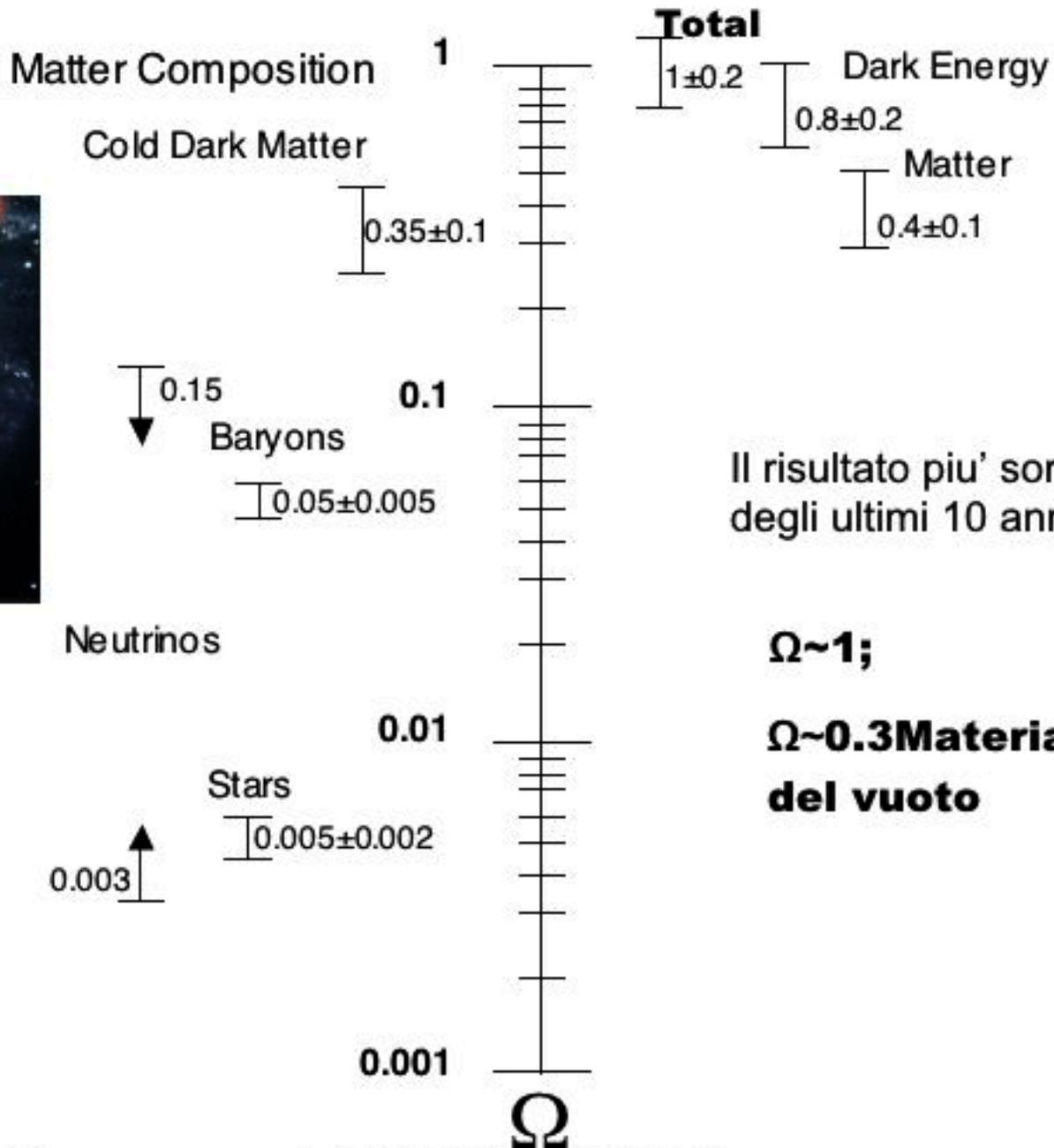
I neutrini sembrano avere una massa troppo piccola per colmare il deficit

Lo stesso deficit si verifica per la massa delle Galassie

Il risultato piu' sorprendente degli ultimi 10 anni in Cosmologia:

$\Omega \sim 1$;

$\Omega \sim 0.3$ Materia + 0.7 Energia del vuoto



Il risultato piu' sorprendente degli ultimi 10 anni in Cosmologia

$\Omega \sim 1$;

$\Omega \sim 0.3$ Materia + 0.7 Energia del vuoto

Fluttuazioni del fondo cosmico

- Un risultato sperimentale entusiasmante COBE, Boomerang, WMAP
- Mappa termica della superficie da cui il fotone e' stato emesso;
- E' un "cielo" a circa 12 Miliardi di anni luce da noi (300.000 anni dopo il Big-Bang)
- Le fluttuazioni termiche sono i "semi" dell' odierne galassie
- Le fluttuazioni sono analizzate in funzione dell' angolo che sottendono
- Se conosciamo la lunghezza λ delle fluttuazioni, l' angolo sotto cui le vediamo e'

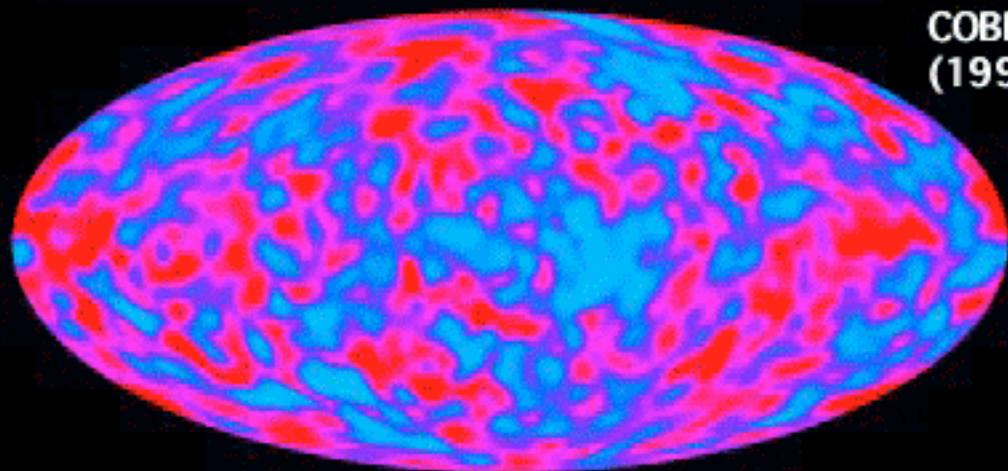
$\lambda > \lambda / d$ Universo Chiuso

$\lambda = \lambda / d$ Universo Piatto

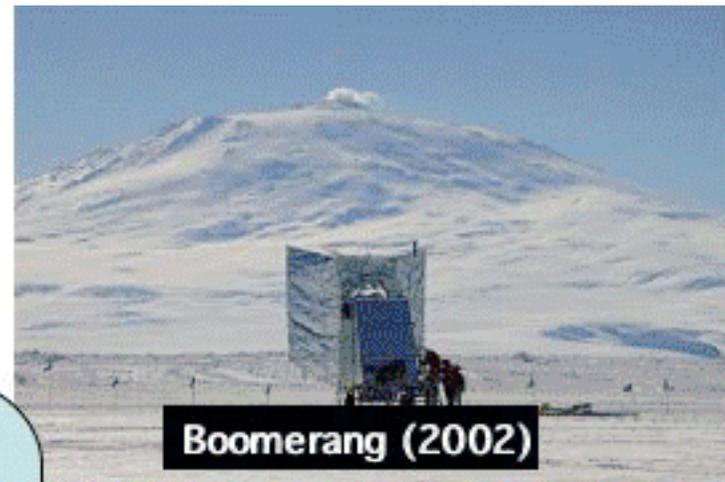
$\lambda < \lambda / d$ Universo Aperto

- Per poter arrivare a sviluppare le strutture di oggi le fluttuazioni osservate devono essere la "traccia" di fluttuazioni pre-esistent della Materia Oscura

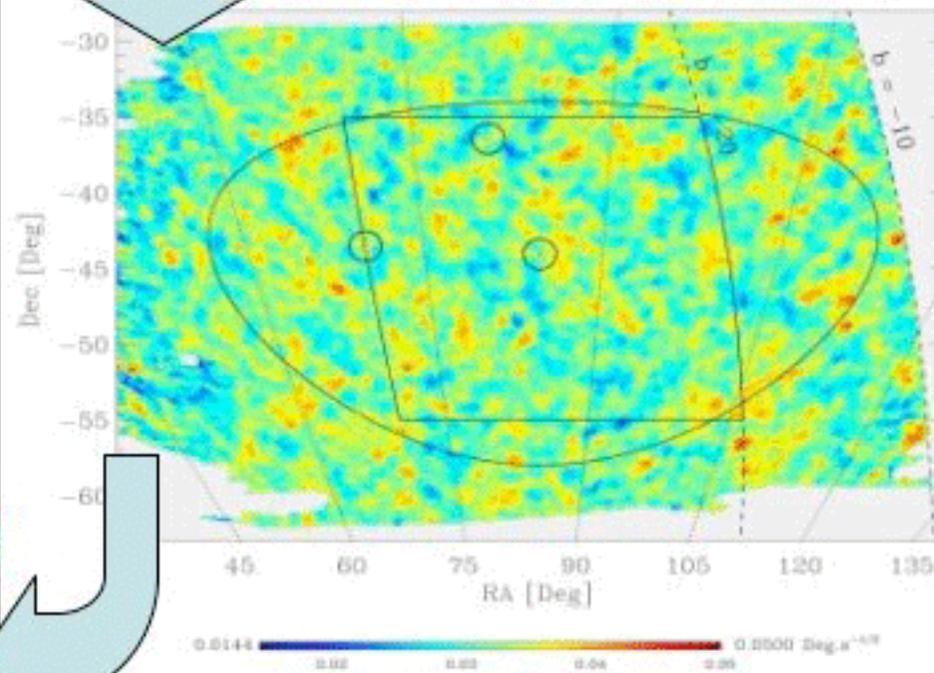
<http://aether.lbl.gov/www/projects/cobe/>



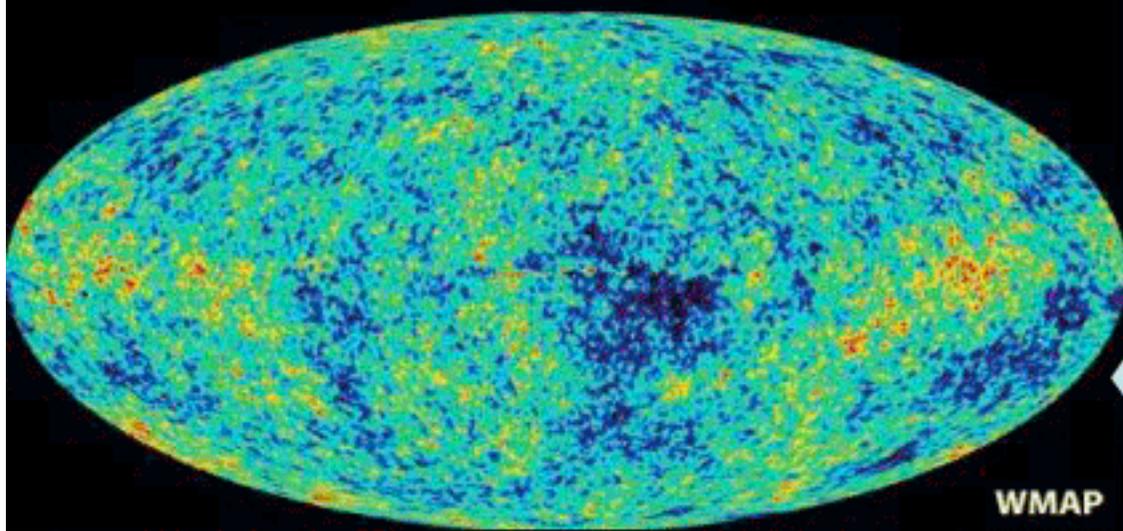
COBE
(1992)



Boomerang (2002)

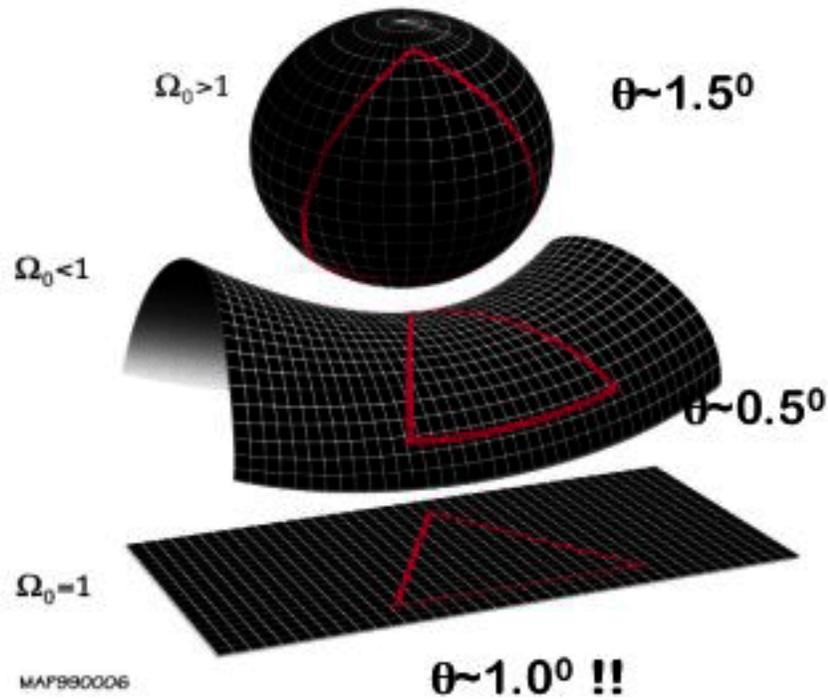
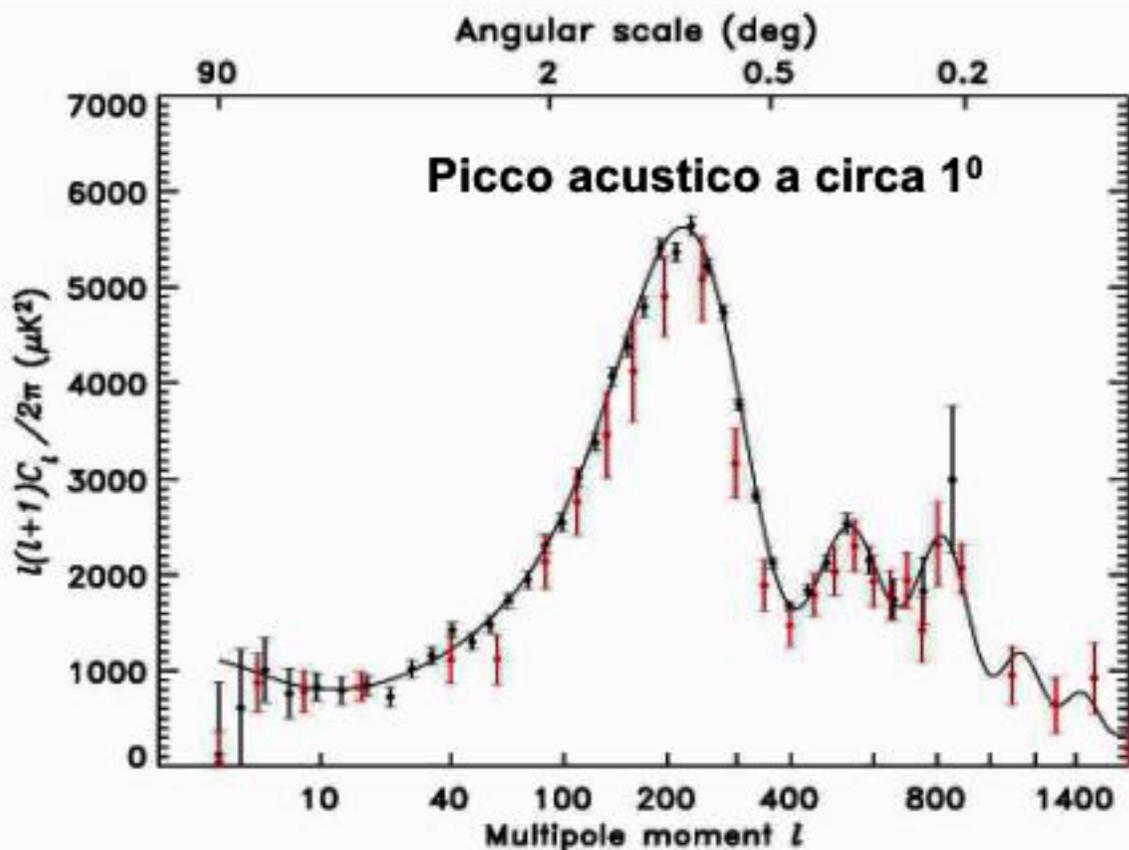


<http://cmb.phys.cwru.edu/boomerang/>



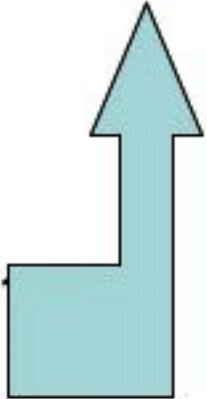
WMAP
(2003)

<http://map.gsfc.nasa.gov/mm.html>



← $1/\theta$

**Il picco corrisponde alle onde acustiche: ne conosciamo la lunghezza d' onda e la distanza;
l' angolo sotto cui le vediamo ci dice che l' Universo e' piatto: $\Omega =$
!!!!**



Il Large Hadron Collider e la ricerca di particelle supersimmetriche

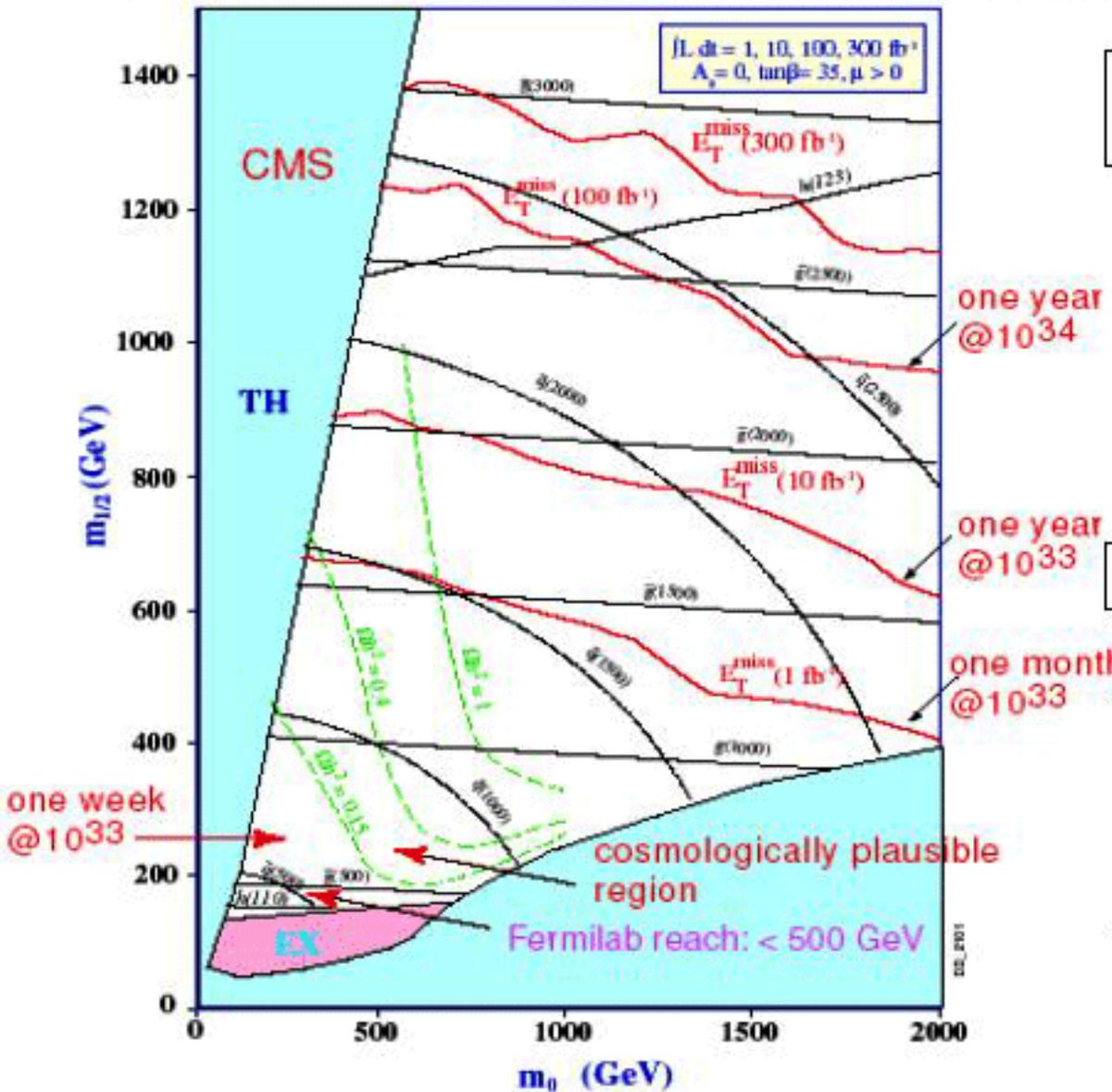
La fisica delle particelle richiede una nuova simmetria (SUSY) che
implica nuove particelle, alcune metastabili (neutralini)
Le particelle SUSY sono i candidati ideali per la Materia Oscura Fredda.
Altri candidati: [Assioni](#), [Stringhe Cosmiche](#)...

Le osservazioni astronomiche possono
darci la distribuzione della materia
oscura

Ma non permettono di identificarne la
natura fisica

Solo lo studio di laboratorio può permetterci di capire la natura dell'80-90% della
materia dell'Universo
Se la materia oscura è fatta di particelle supersimmetriche,
il Large Hadron Collider sarà capace di produrle in laboratorio e di studiarle
completamente.

SUSY at LHC : discovery reach vs time with most powerful Jets + ETmiss signature



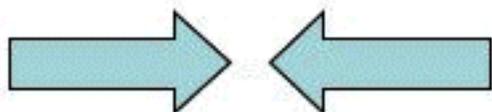
ATLAS
5 σ discovery curve

| Discovery reach for squarks/gluinos | |
|-------------------------------------|---------------|
| Time | mass reach |
| 1 month at 10^{33} | ~ 1.3 TeV |
| 1 year at 10^{33} | ~ 1.8 TeV |
| 1 year at 10^{34} | ~ 2.5 TeV |
| ultimate (300 fb^{-1}) | ~ 2.5 - 3 TeV |

Large Hadron Collider (disegno inserito in una foto del tunnel)

Collisore Protone- Protone

7 TeV + 7 TeV



Luminosità = $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$

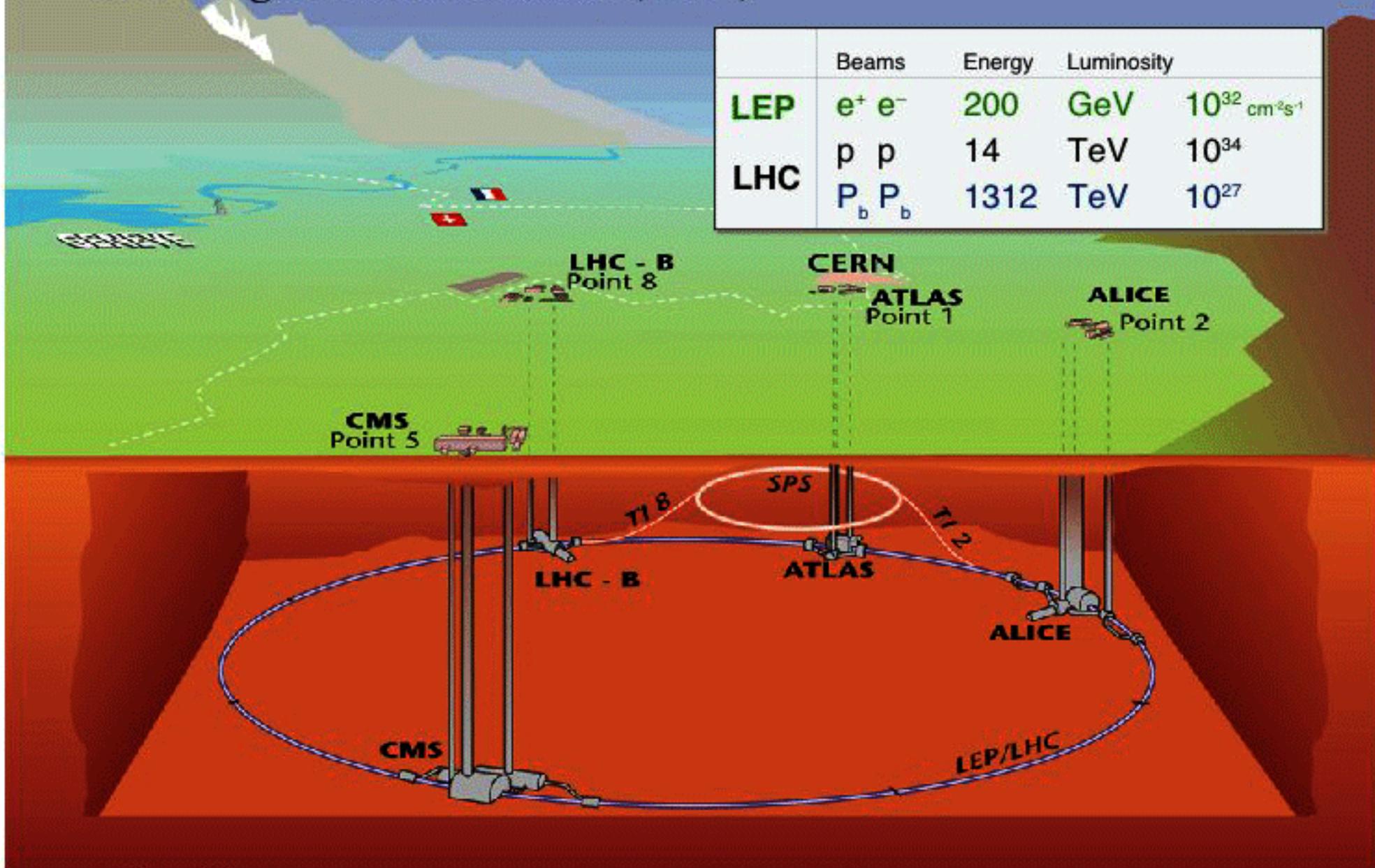
Primi obiettivi:

- Bosone(i) di Higgs
- Particelle Supersimmetriche
- Plasma di Quark e Gluoni
- Violazione di CP nei mesoni con Beauty

Inizio della fisica; 2007

The Large Hadron Collider (LHC)

| | Beams | Energy | Luminosity |
|------------|-----------|----------|--|
| LEP | $e^+ e^-$ | 200 GeV | $10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ |
| LHC | $p p$ | 14 TeV | 10^{34} |
| | $P_b P_b$ | 1312 TeV | 10^{27} |



Dicembre 2003



 LHC Progress Dashboard

 Accelerator Technology Department

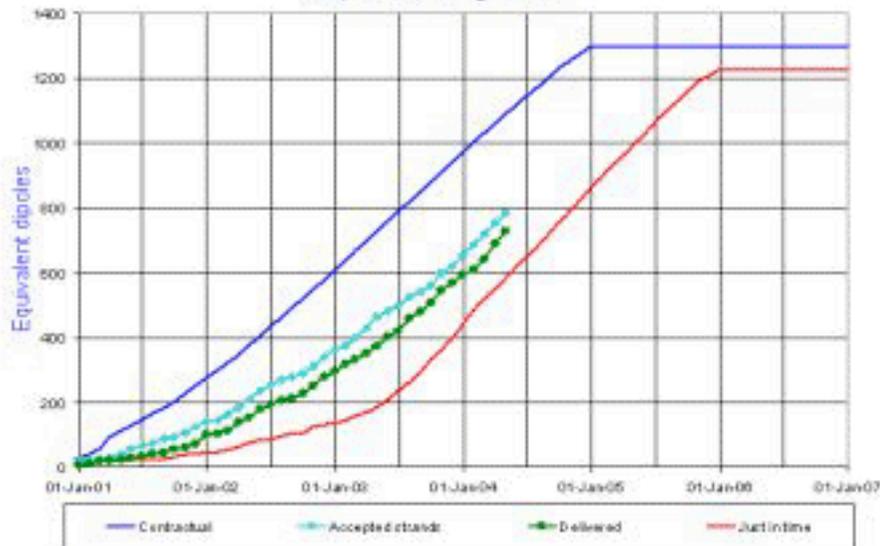
Aprile 2004



 LHC Progress Dashboard

 Accelerator Technology Department

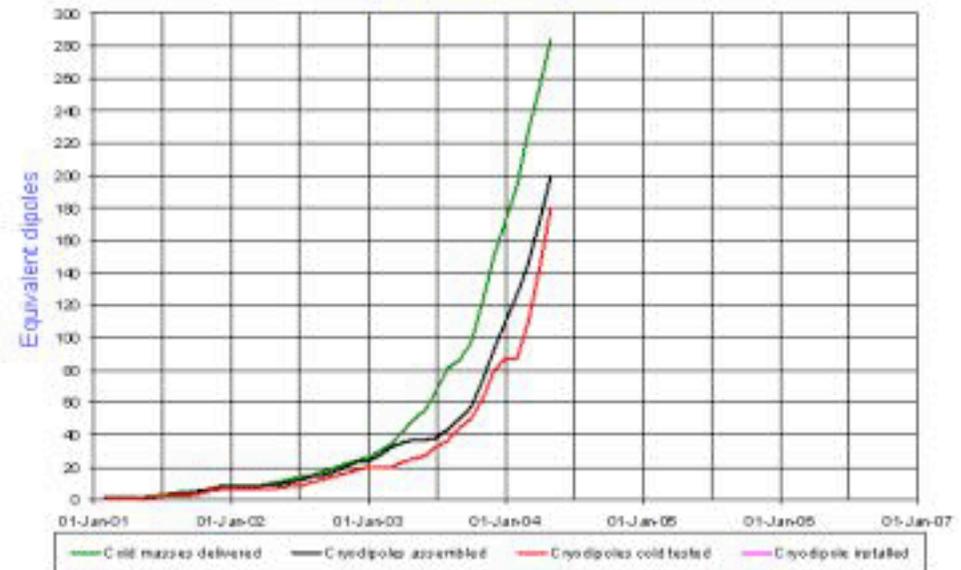
Superconducting cable 1



Updated 30 Apr 2004

Data provided by: A. Verweij AT-MAS

Cryodipole overview



Updated 30 Apr 2004

Data provided by: D. Tommasini AT-MAS

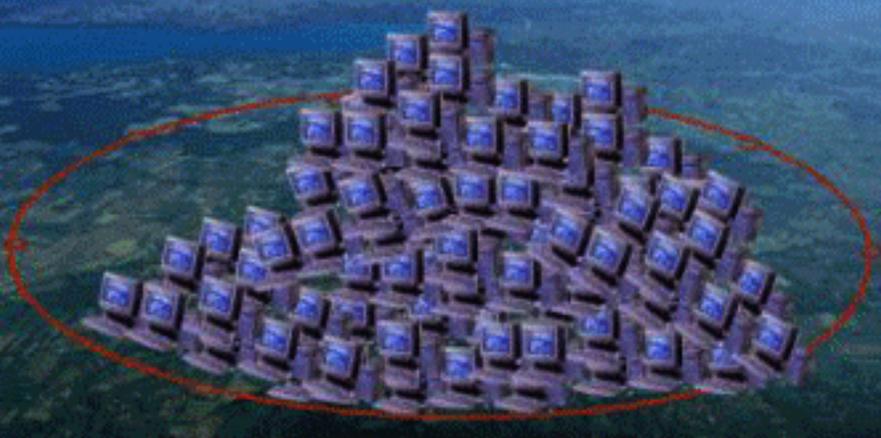
Dipoli in stock @ CERN

Assemblaggio dei dipoli superconduttori: un costo di ~ 450 MCHF, divisi in tre contratti: Alston (Fr), Ansaldo Magneti (It), Noell (De)

In Novembre03: 23 masse fredde consegnate in 26 giorni
Obiettivo: 30-35/mese !!

Il Calcolo per LHC

Servono montagne di CPU



Produzione
Annuale di
dati: 12-14
PetaBytes/anno



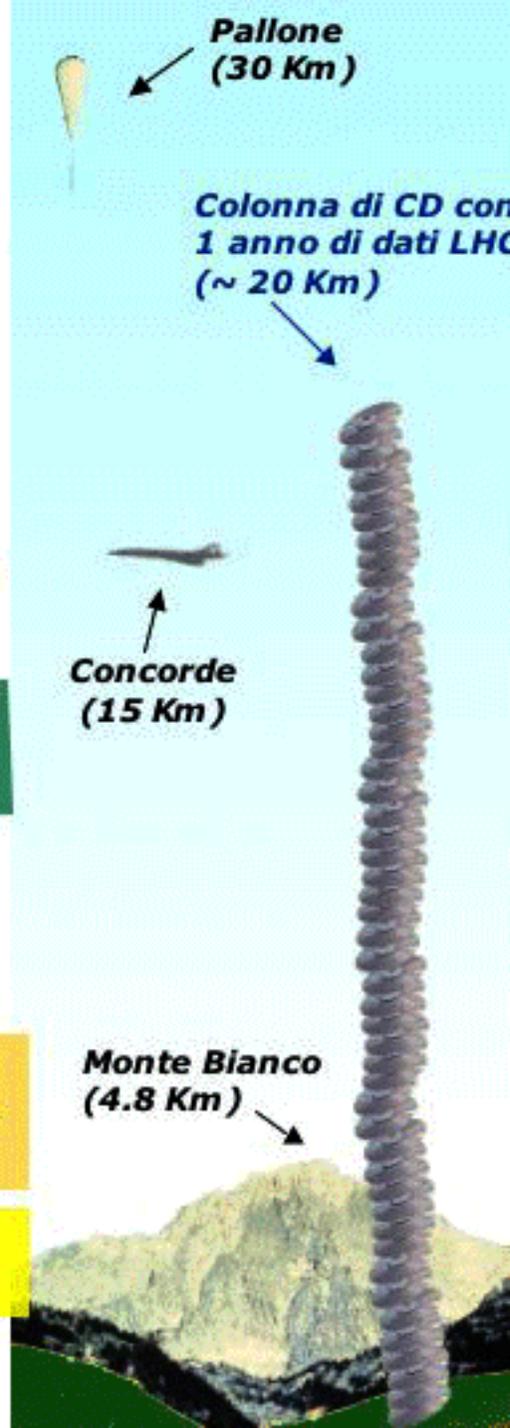
For LHC computing: 100K of today's PCs

Calibrazione, Ricostruzione, Simulazione, Analisi,
Infrastruttura e Grid software

Milioni of linee di codice

Milano, 6 Maggio 2004

L. Maiani. Particelle e Cosmo





LHC - GRID

- Il primo prototipo (LCG-1) e' entrato in operazione nel 2003;
- 13 centri in funzione dal 1 Settembre:
- **Academia Sinica Taipei, Brookhaven, CERN, CNAF Bologna, Cyfronet Cracow, Fermilab, FZK Karlsruhe, IN2P3 Lyon, KFKI Budapest, Moscow State Univ., Prague, PIC Barcelona, RAL, Univ. Tokyo**
- I prossimi passi :
 - Proseguire gli esperimenti
 - Espandere la GRID agli altri centri.



(Alcuni) problemi aperti

- La Gravità Quantistica non è matematicamente consistente in 4 dimensioni
 - Sono necessarie extra dimensioni spaziali curve. A quale scale ? Quanto è piccolo il raggio di curvatura?
 - il tipico segno di una dimensione extra e': "sparizione di particelle qui" e "riapparizione la ": possiamo vederlo con LHC?

«If a cat would disappear in Pasadena and reappear in Erice, this would be an example of global cat conservation. This is not the way cats are conserved» (R.P. Feynman)

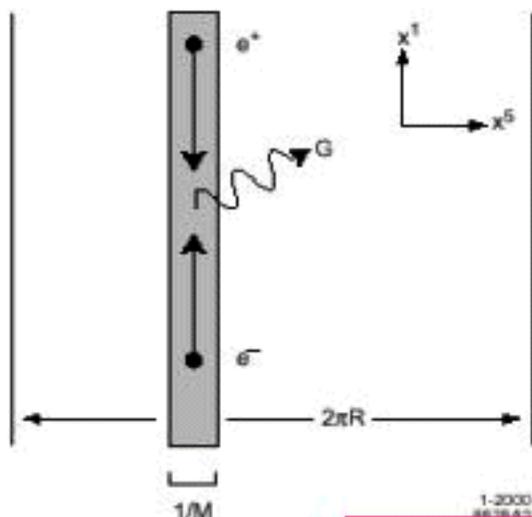
.... in 4 dimensioni (3 spazio +1 tempo)

- L' energia del vuoto dovrebbe essere ~ 60 ordini di grandezza piu' grande di quanto si vede. Difficile spiegare 10^{-60} , meglio 0 !!!

Extra Dimensions at mm scale?

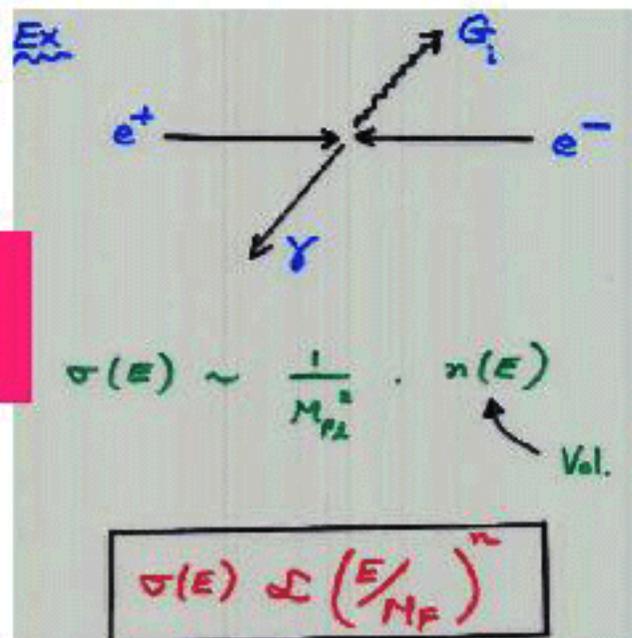
Arkani-Hamed, Dimopoulos, Dvali (1998)

The universe viewed in the small:
quarks, leptons, and gauge fields are
bound to a D-brane localised in an extra
compact dimension.



$e^+e^- \rightarrow \gamma + \text{KK tower of Gravitons}$

In: L. Hall
ICHEP2000, Osaka



Giudice, Rattazzi,
Wells

Mirabelli
Perehstein
Peskin
11/98

Conclusioni

- Particelle Elementari e cosmologia: un' interazione feconda di risultati
- Una nuova disciplina: Astroparticle
- Laboratori in comune: Underground, Spazio
- LHC: un round cruciale per Materia Oscura, Fluttuazioni primordiali...

La riconciliazione di Meccanica Quantistica e Relativita' Generale e' un problema formidabile che riservera' molte sorprese.

L' Energia oscura sara' il test cruciale.