



La Materia Oscura

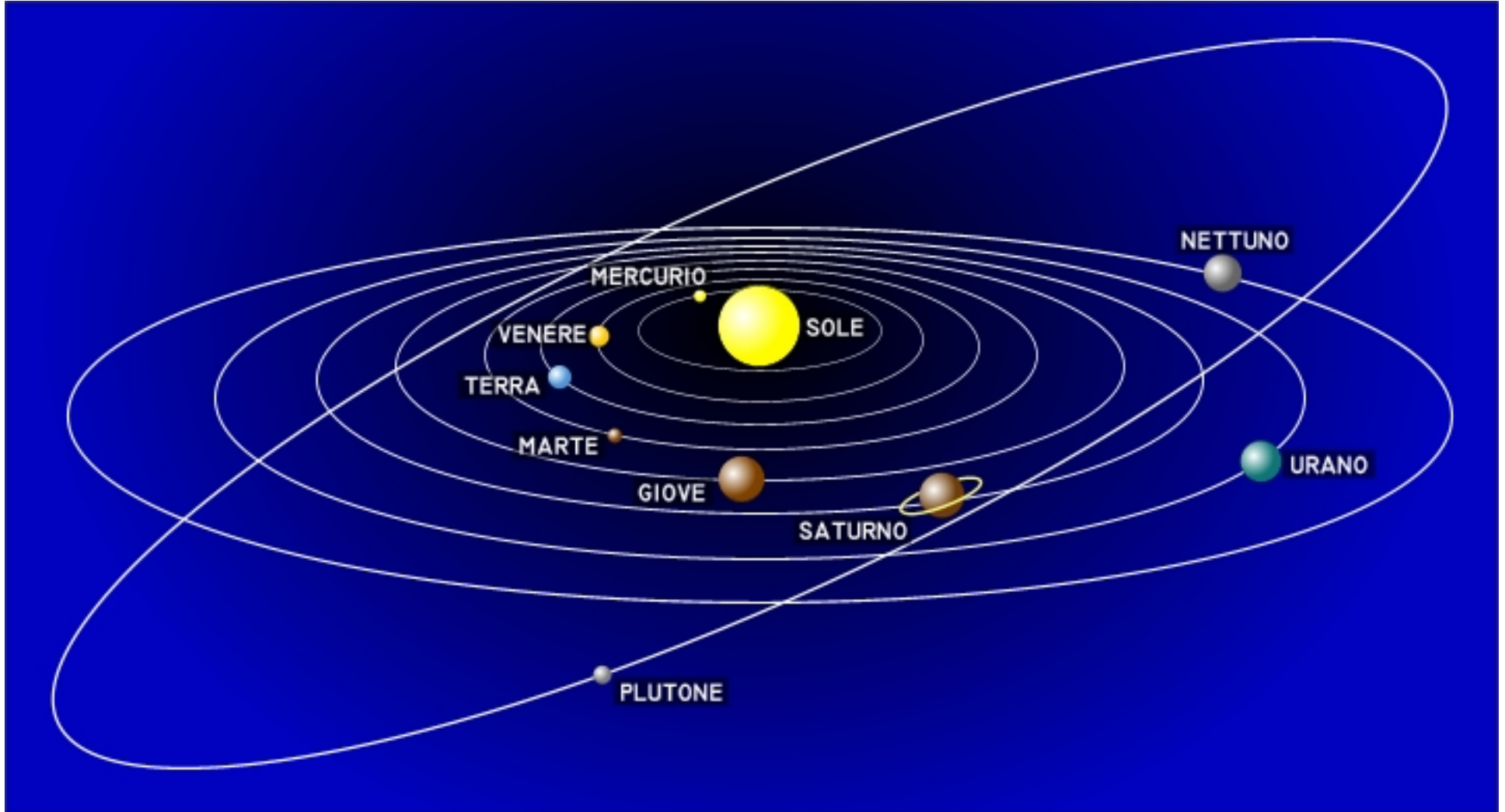
Marco Vignati

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

e

Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma

Il sistema solare

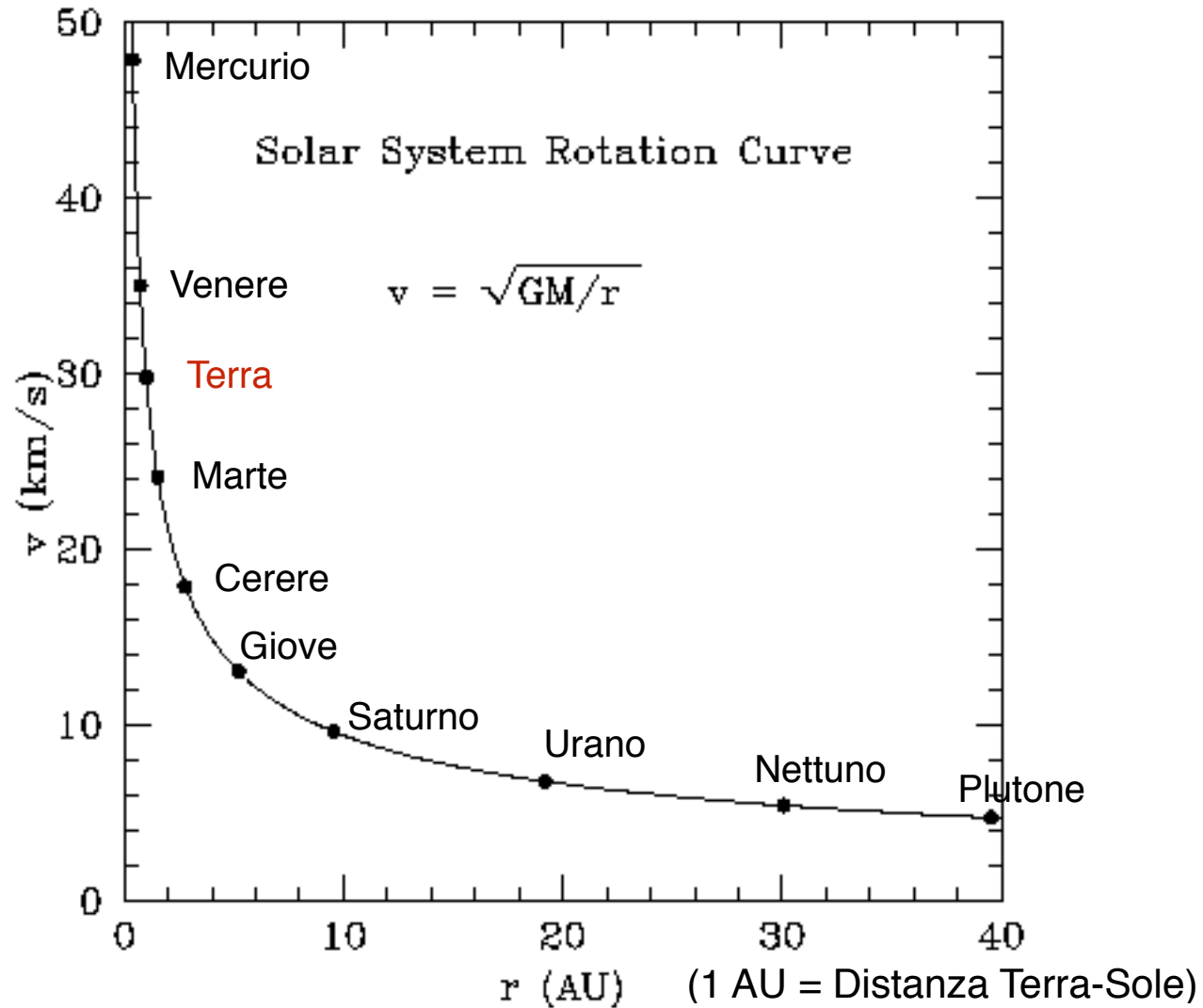


La legge della gravitazione di Newton ci dice che:

$$\text{velocità di un pianeta} = \sqrt{G_{\text{Newton}} \frac{\text{Massa del sole}}{\text{distanza dal sole}}}$$

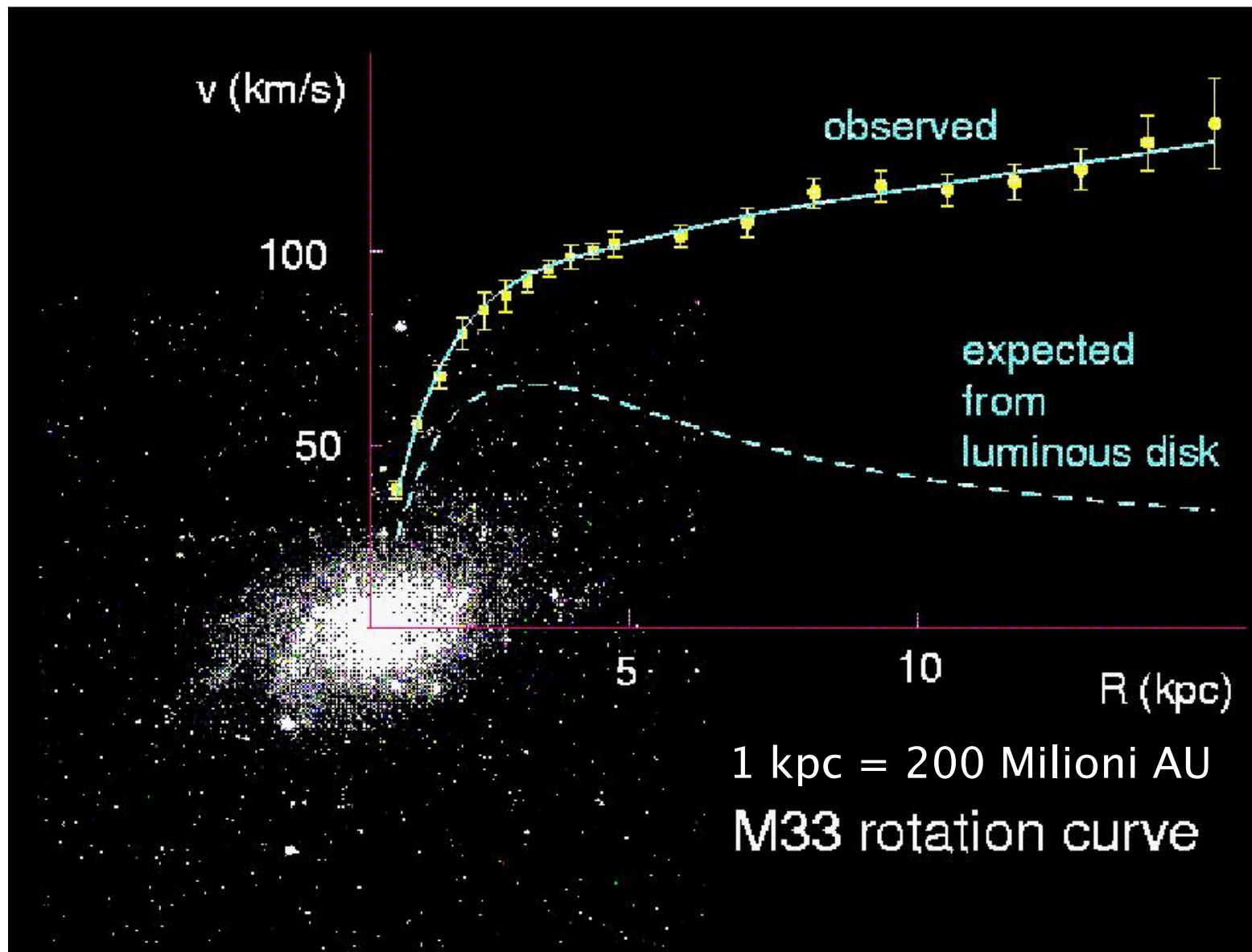
In un grafico

$$\text{velocità di un pianeta} = \sqrt{G_{\text{Newton}} \frac{\text{Massa del sole}}{\text{distanza dal sole}}}$$





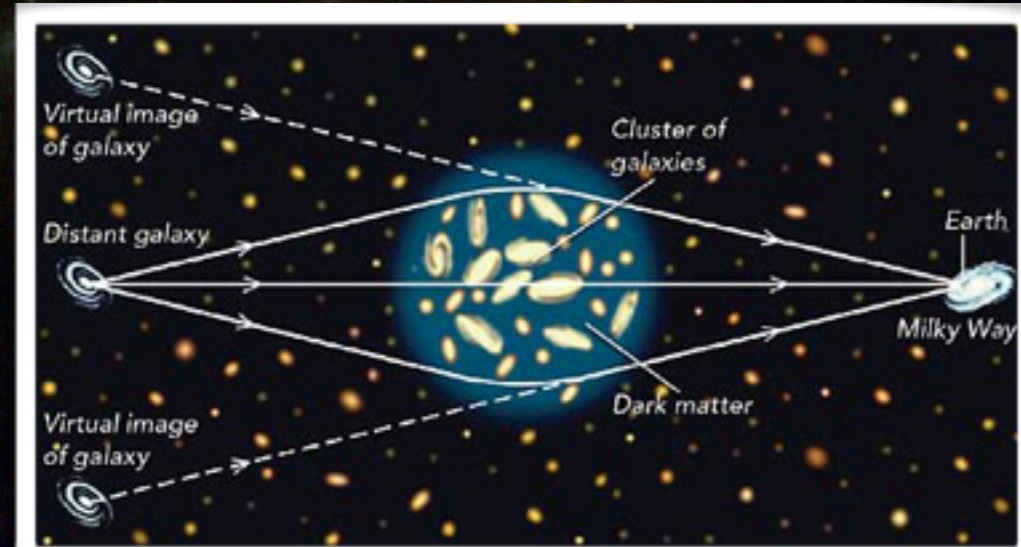
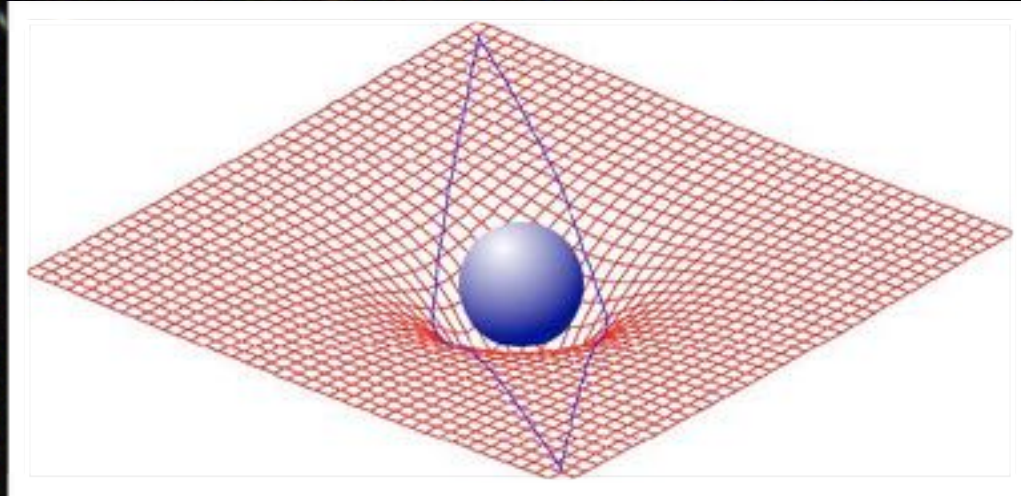
Velocità di rotazione in una galassia



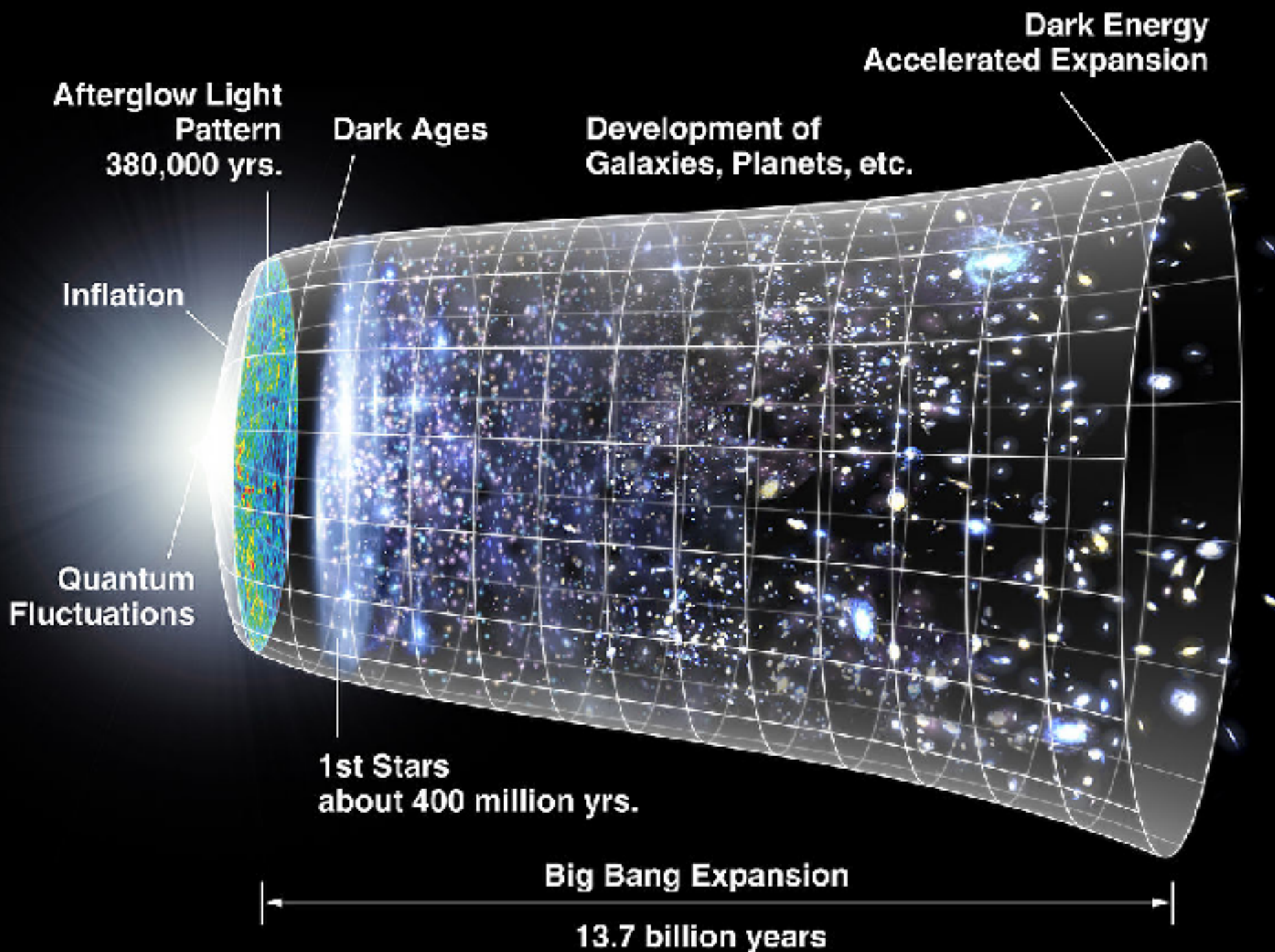
$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

È come se ci fosse della materia in più di cui vediamo gli effetti gravitazionali ma che è invisibile.

Lenti gravitazionali

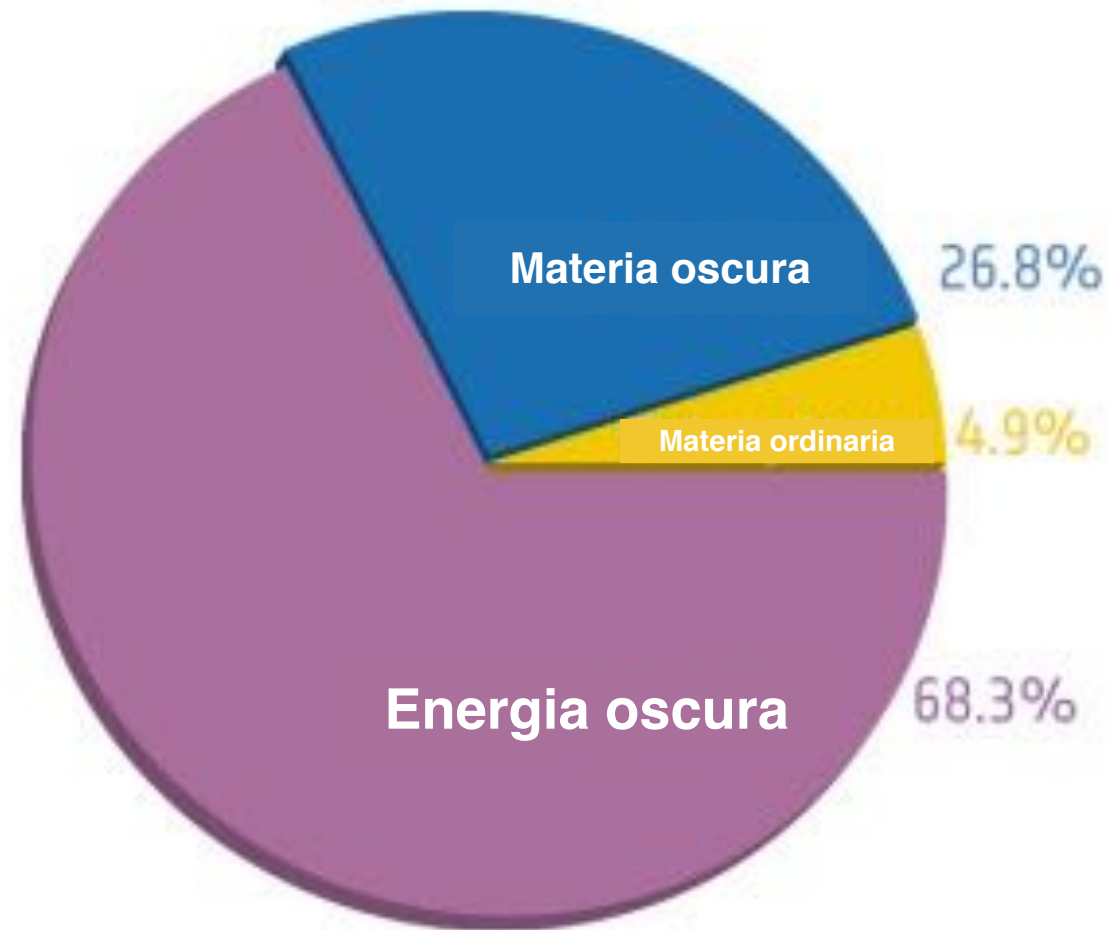
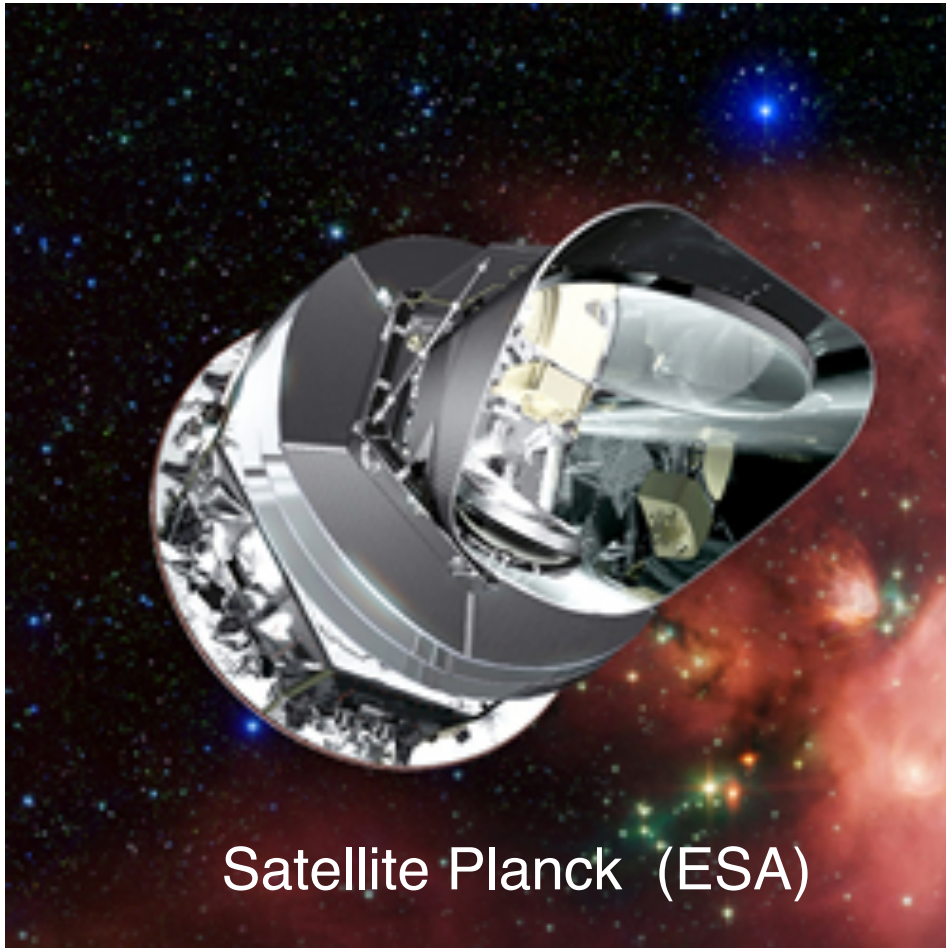


Questo metodo viene utilizzato per tracciare la mappa della materia oscura nell'Universo.



La materia oscura ha ricoperto un ruolo determinante nella formazione delle Galassie.

La composizione dell'Universo



Cosa è l'energia oscura? Non ne abbiamo idea!
Per ora ci concentriamo sulla materia oscura.

Cosa è la Materia Oscura?

Cosa sappiamo

Interagisce molto poco con la materia ordinaria.

Non emette e non assorbe luce.

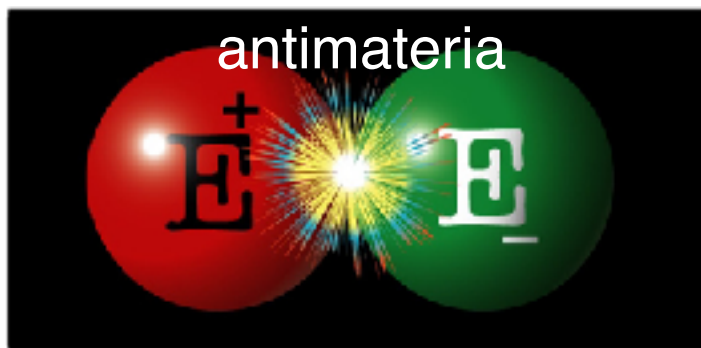
Siamo sensibili solo agli effetti gravitazionali.

Cosa non è

materia ordinaria



antimateria

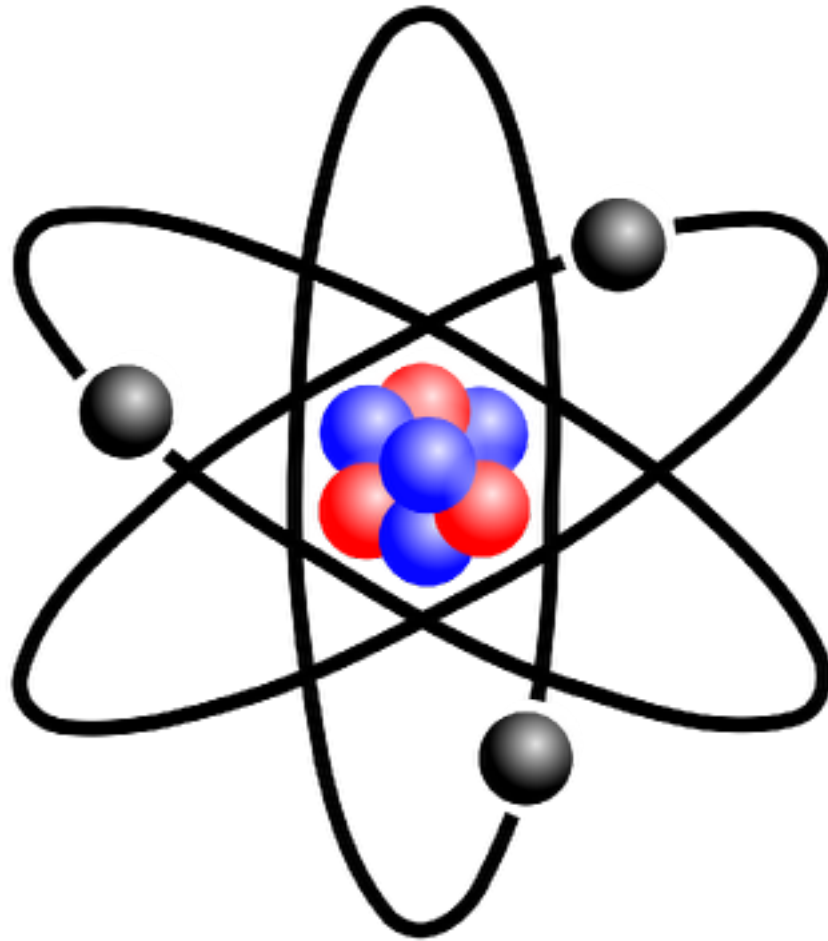


buco nero?

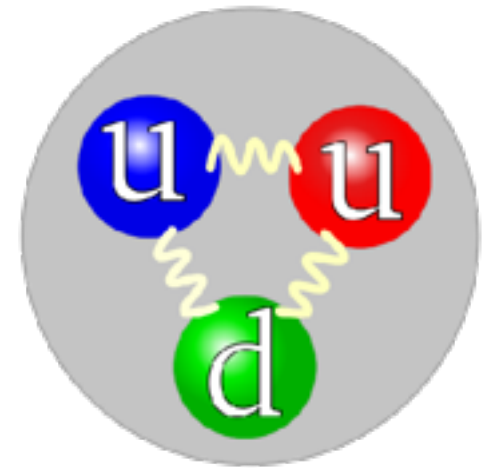


Una nuova particella?

Materia ordinaria e particelle

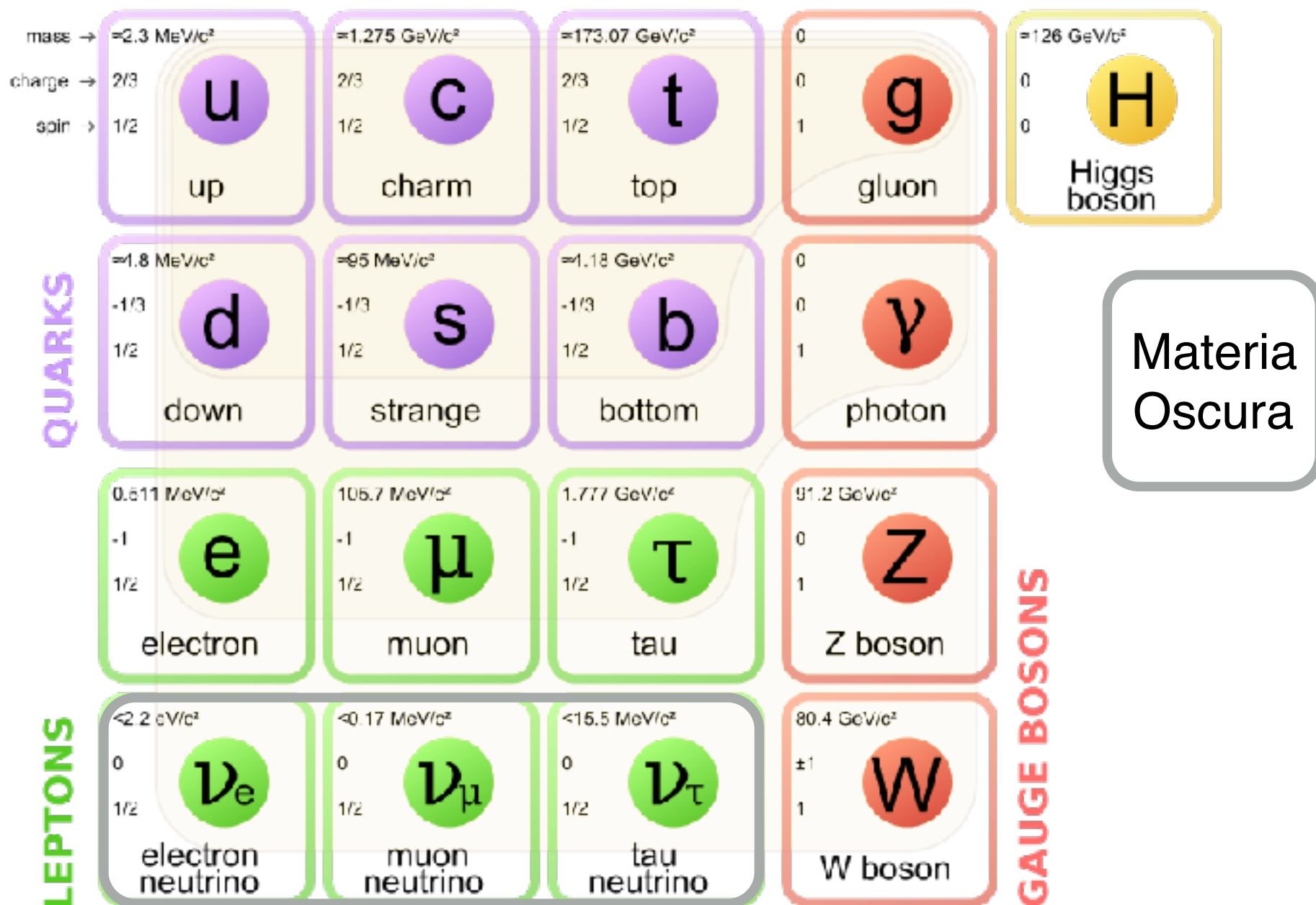


Atomo = elettroni + nucleo
Nucleo = **protoni** + **neutroni**



Protone = 3 quark

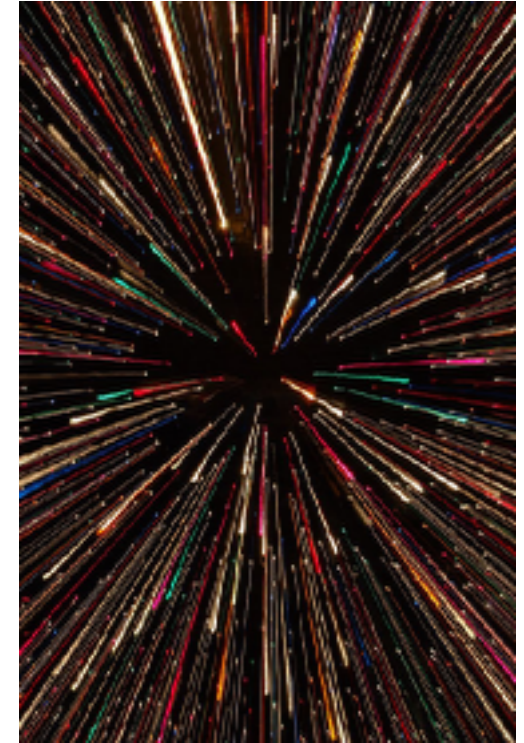
Il modello standard



Una nuova particella?

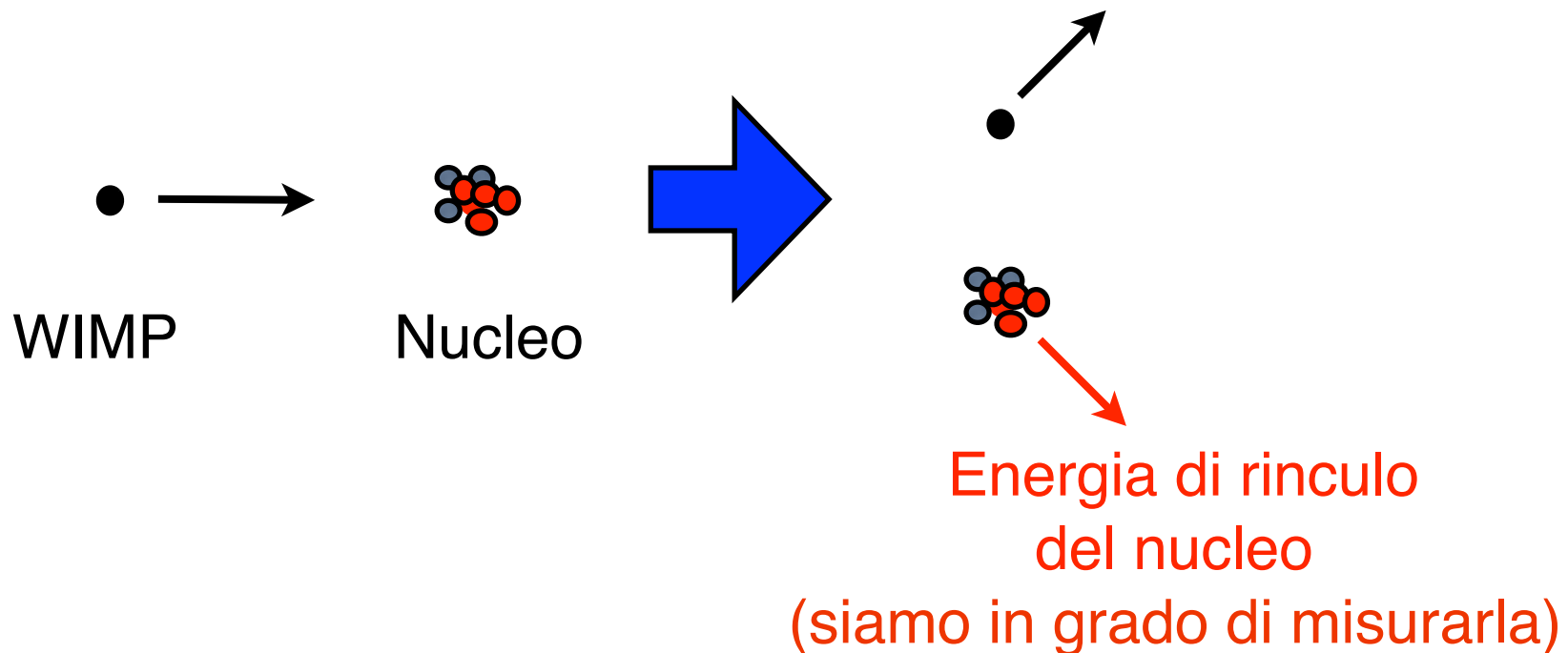
- Problemi:
 - ▶ Non sappiamo cosa sia, quindi non sappiamo quale è il modo giusto per vederla.
 - ▶ Bassa densità. Circa 1 protone equivalente in 3 cm^3 .
 - ▶ È in grado di attraversare la terra senza interagire.

- Almeno 2 candidate:
 - ▶ Particella leggera (Assione) che può interagire con i campi magnetici.
 - ▶ **Particella pesante (WIMP).**



L'ipotesi WIMP

- Proprietà di una WIMP (Weak Interacting Massive Particle):
 - ▶ È una particella pesante $1 \div 1000$ protoni equivalenti.
- Principio di rivelazione: urto elastico con nuclei atomici di materia ordinaria.

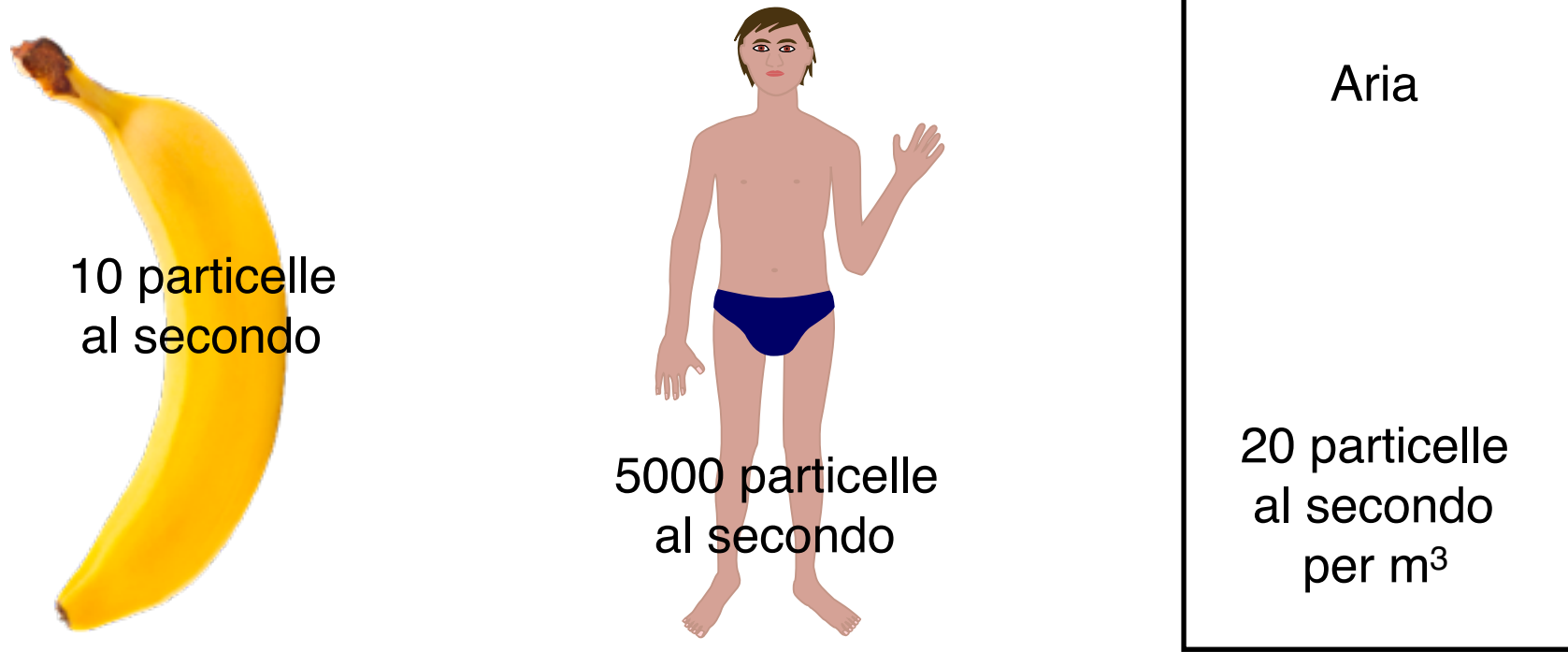


Rivelazione di WIMP

L'urto WIMP-Nucleo, se avviene, avviene molto raramente:

- ▶ **1 urto all'anno in 1 ÷ 100 kg di materiale.**

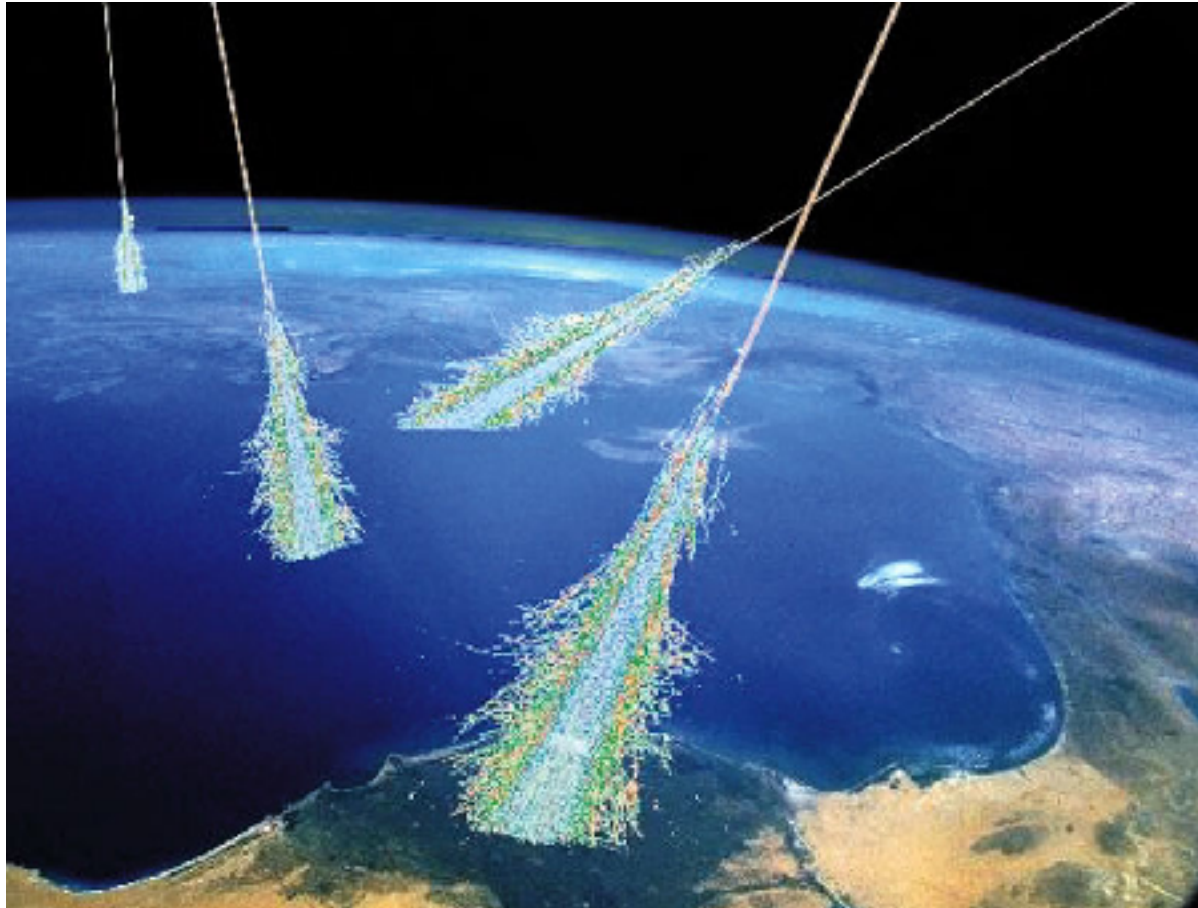
Questi segnali possono essere nascosti dal **fondo**: urti indotti da altri eventi naturali. Uno tipo di fondo è la radioattività (particelle α β γ).



Bisogna lavorare in ambienti a bassa radioattività.

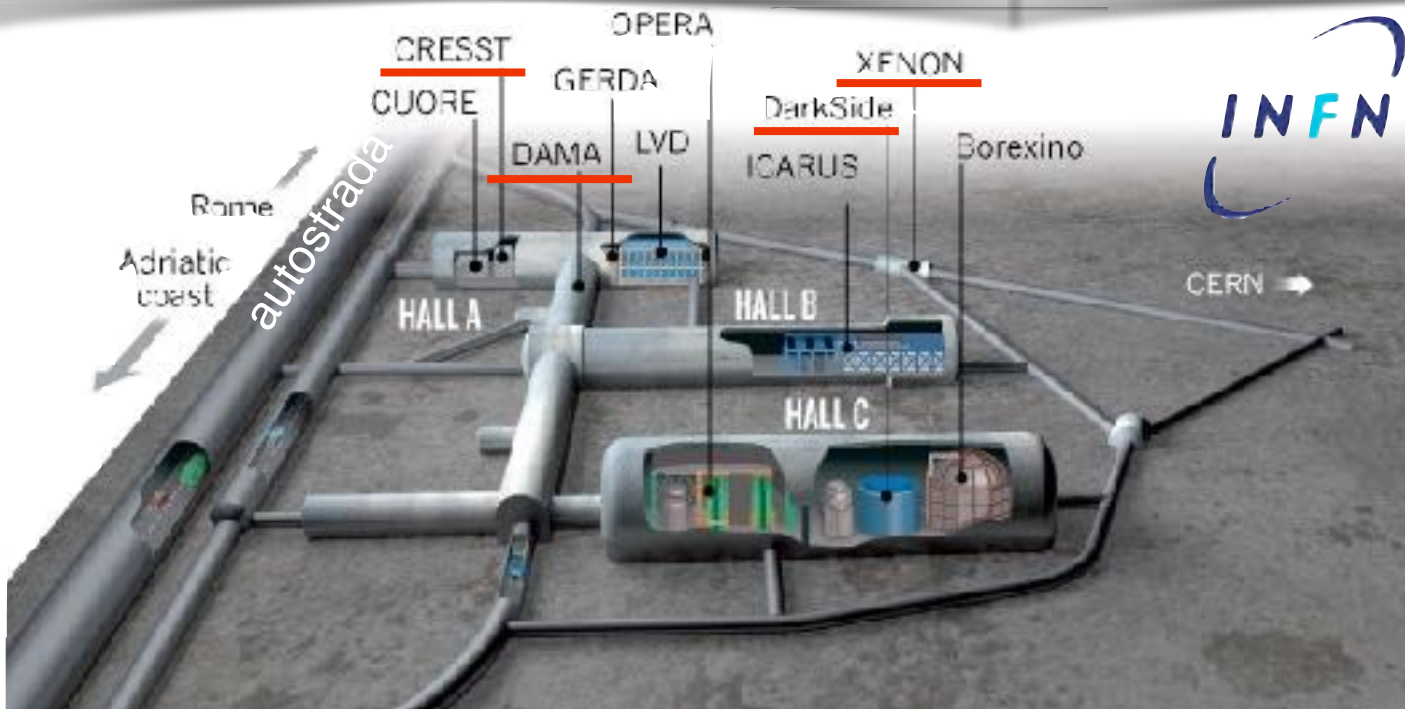
Raggi cosmici

Particelle (principalmente protoni) generate dalle stelle e dalle galassie che collidono con l'atmosfera terrestre, producendo altre particelle.

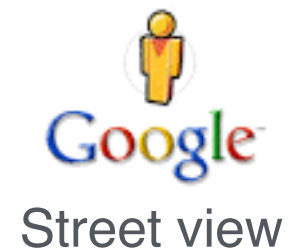


Si stimano sulla terra circa: **1 milione di particelle / (m² ora).**

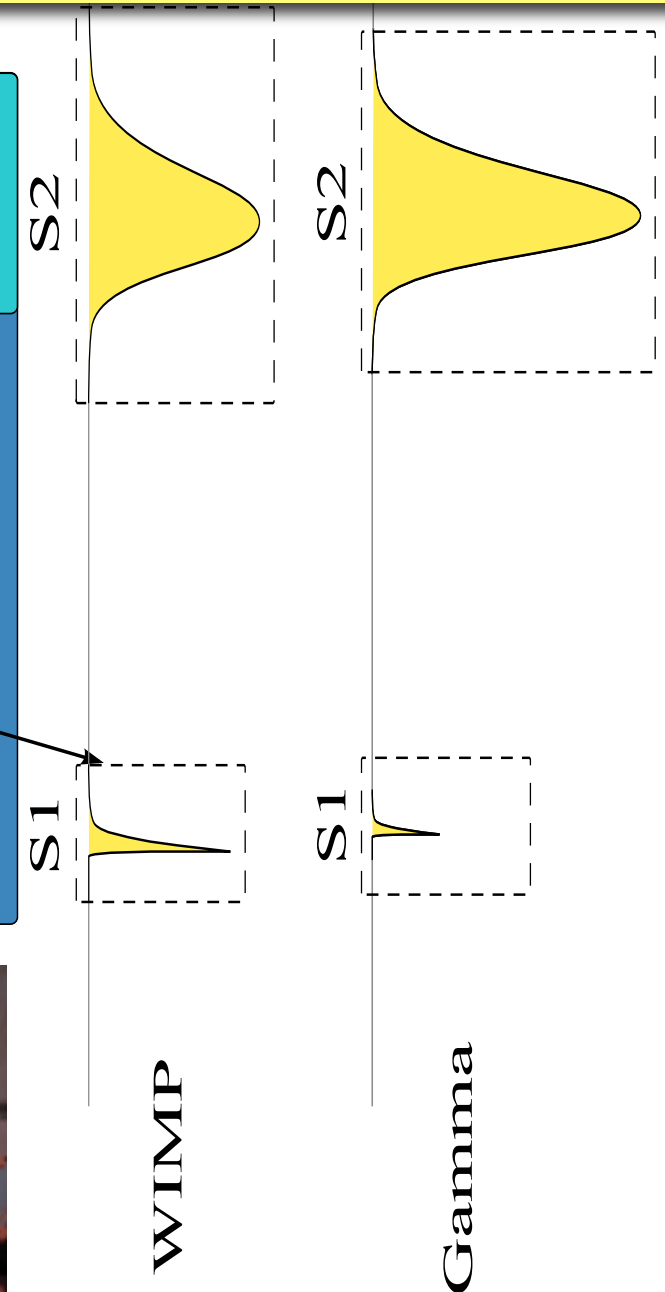
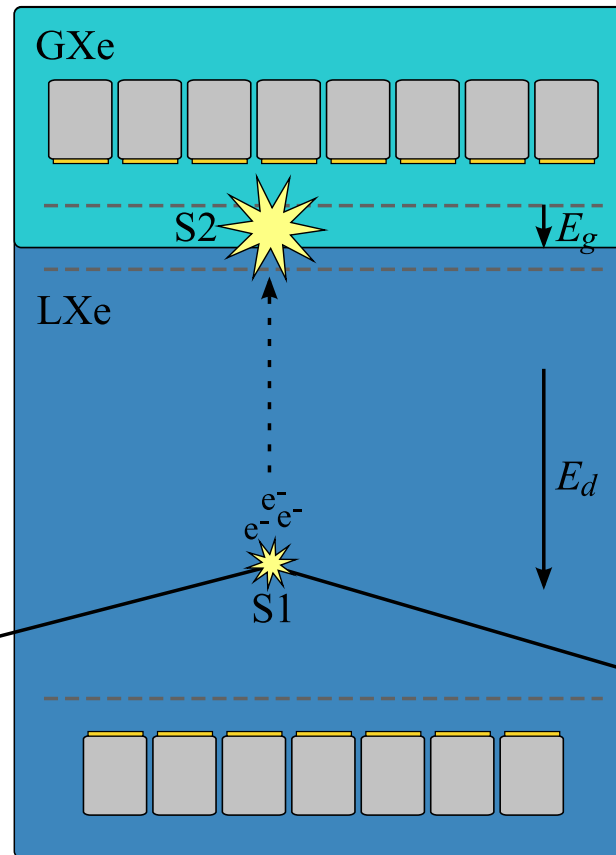
Laboratori del Gran Sasso



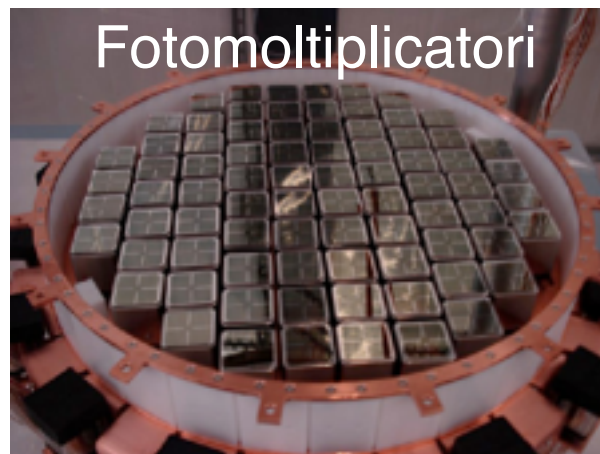
Esperimenti
per la ricerca
di Materia Oscura



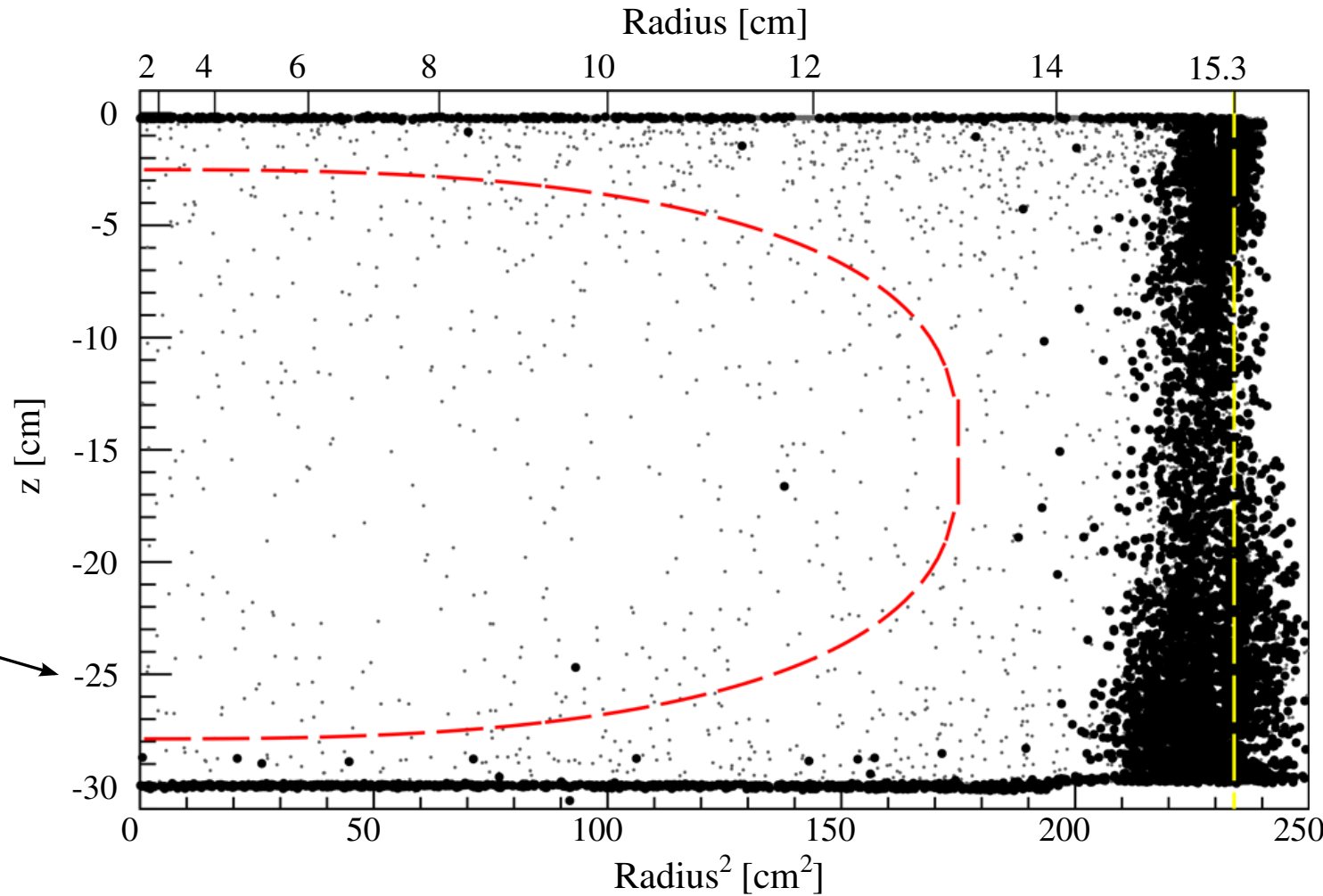
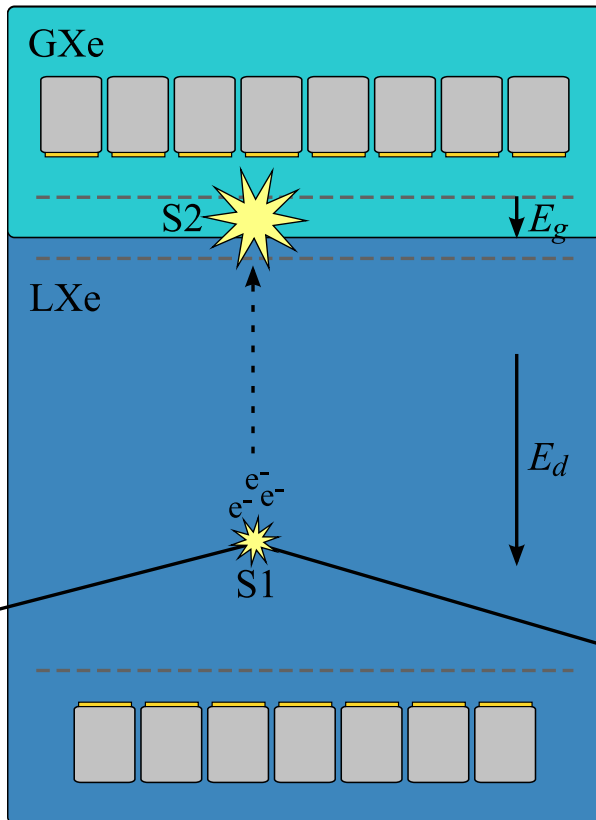
L'esperimento Xenon



È in grado di distinguere l'ipotetica WIMP dalle particelle generate dalla radioattività naturale.



L'esperimento Xenon: risultati

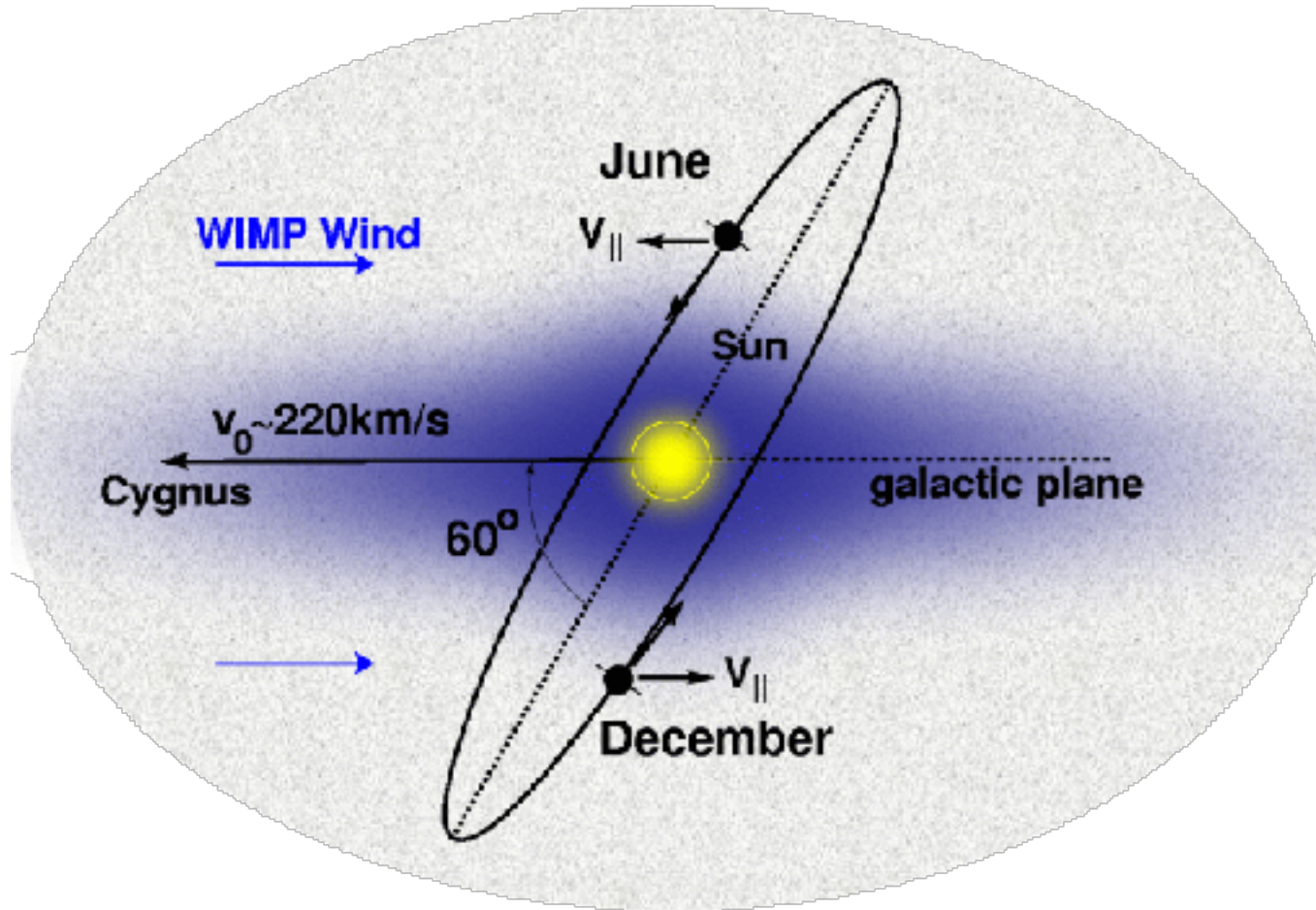


Xenon non ha visto la materia oscura.

Ancora più grande: 1 tonnellata



La modulazione annuale



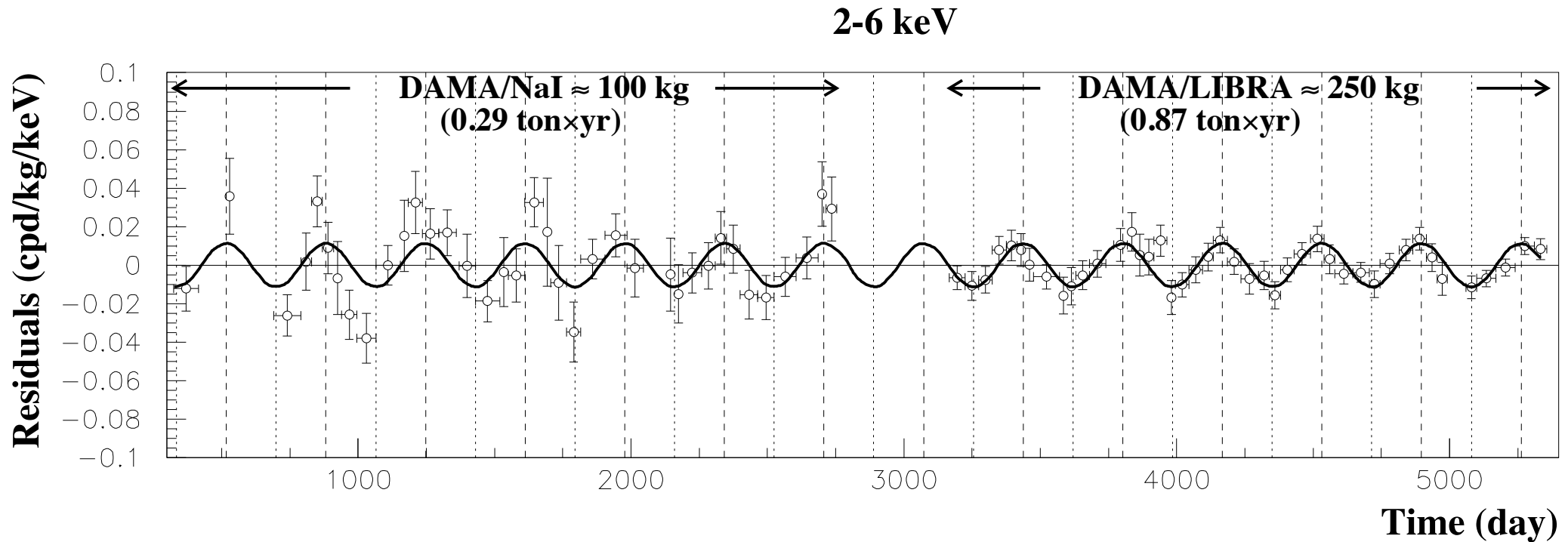
- La terra è attraversata da un “vento” di WIMP.
- A causa della rotazione attorno al sole, la terra a volte va incontro mentre a volte scappa dal vento.
- Ci aspettiamo che il numero di interazioni oscilli con periodo annuale

L'esperimento DAMA

- 250 kg di Iodurio di Sodio (NaI), monitorati da fotomoltiplicatori.
- Bassissima radioattività di tutti i materiali dell'esperimento.
- Cerca un segnale di modulazione annuale, ma non distingue radioattività da WIMP.



Risultati di DAMA



Si vede un segnale di modulazione.
Gli scienziati di DAMA pensano che si tratti di materia oscura.

Tutti gli altri esperimenti tuttavia ancora
non hanno confermato questo risultato.

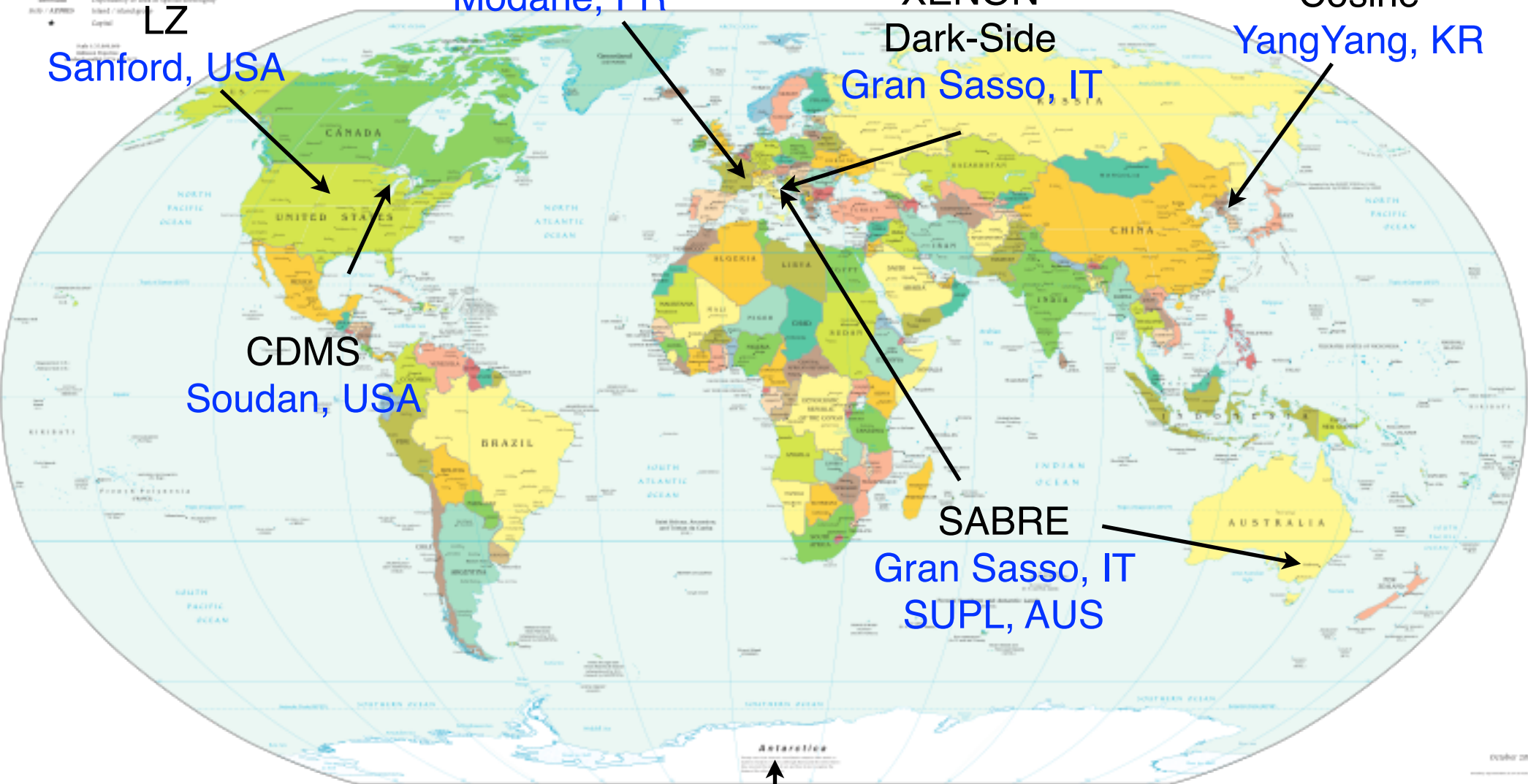
SABRE

Il metodo scientifico richiede una conferma indipendente



Political Map of the World, October 2010

Legend:
• ANTIARAB
• DEMOCRACY
• SUB / AFFIDED
• Capital
• Independence state
• Dependency or area of special autonomy
• Island / island group



LZ
Sanford, USA

Edelweiss
Modane, FR

DAMA/LIBRA
CRESST
XENON
Dark-Side
Gran Sasso, IT

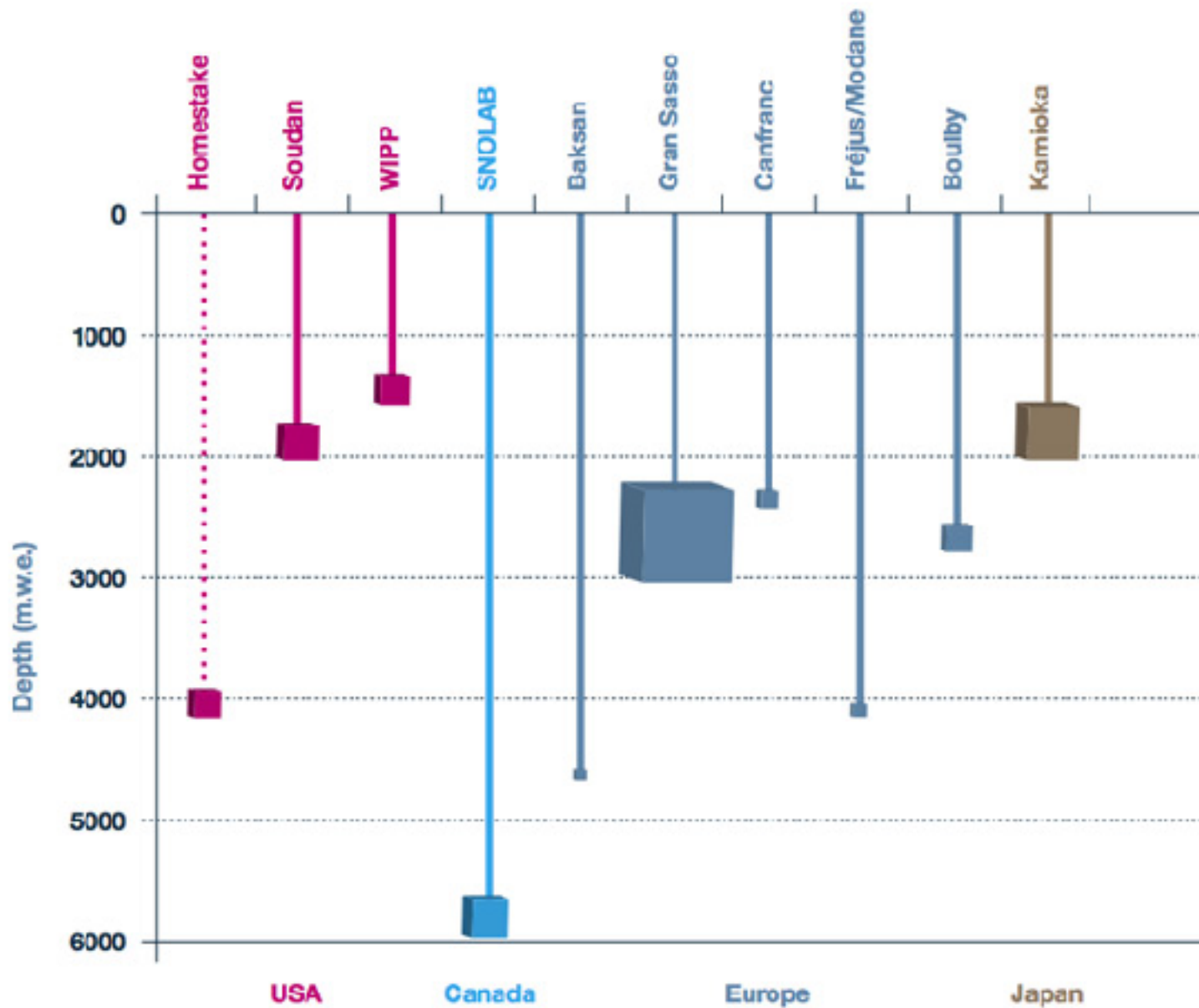
Cosine
YangYang, KR

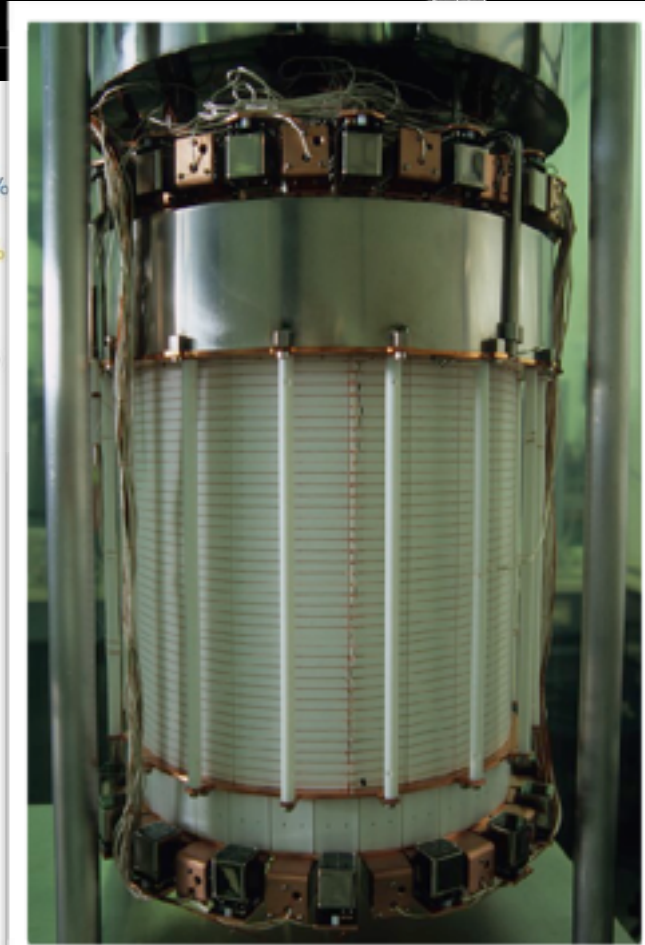
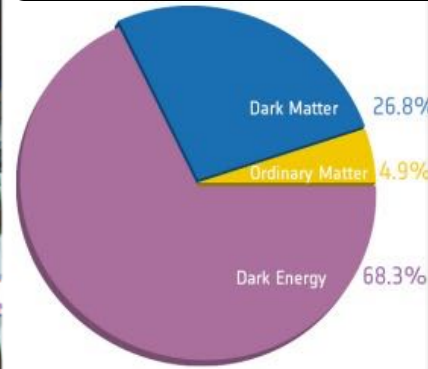
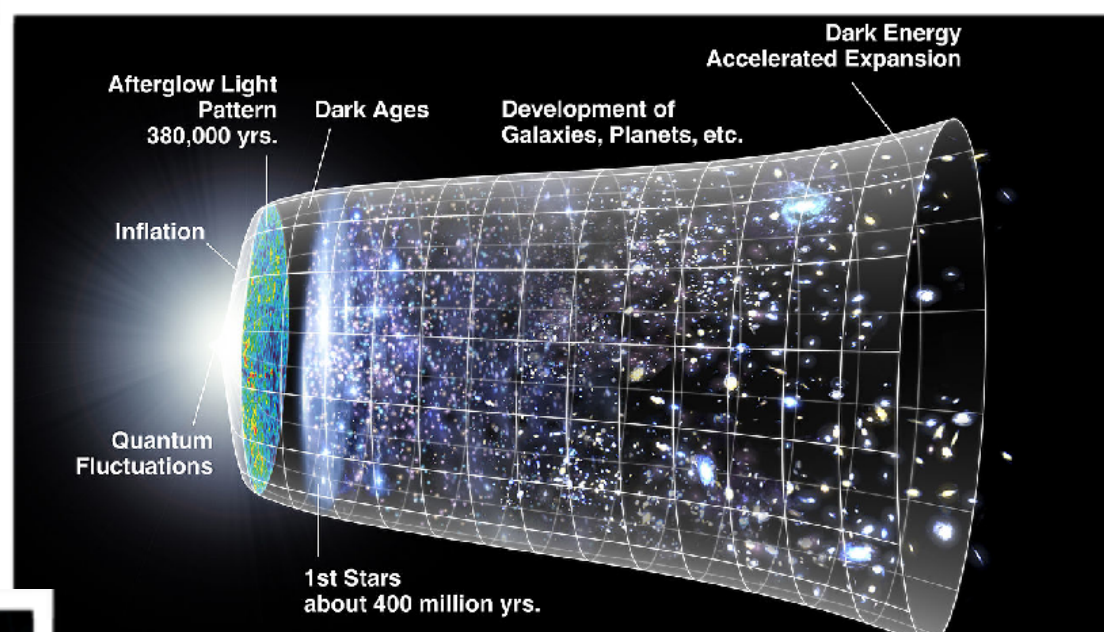
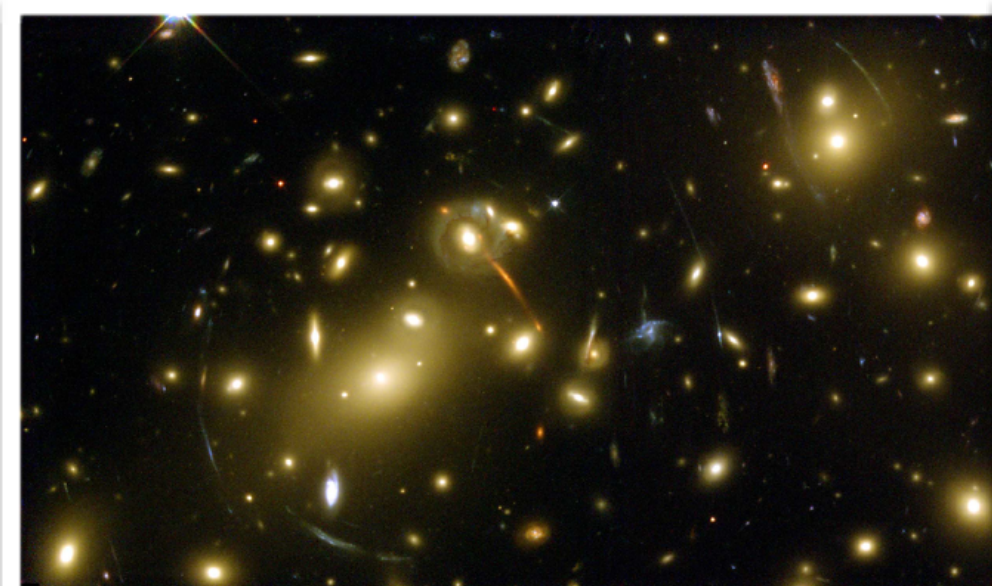
CDMS
Soudan, USA

SABRE
Gran Sasso, IT
SUPL, AUS

DM-ICE
(South pole)

Laboratori sotterranei





MA/LIBRA \approx 250 kg
0.87 ton \times yr

