

LA MATERIA OSCURA



Evento finale di LAB2GO
26/05/2025



Davide D'Angelo



Valerio Toso



Edoardo Martinenghi

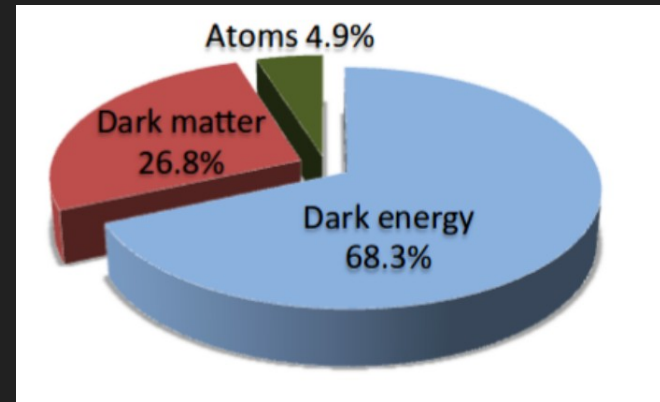


Fabrizio Armani

Di cosa è fatto l'universo?



Noi, i pianeti, le stelle e le galassie siamo fatti di una materia che costituisce solo una piccola parte di quello che esiste nell'universo, circa il 5%.

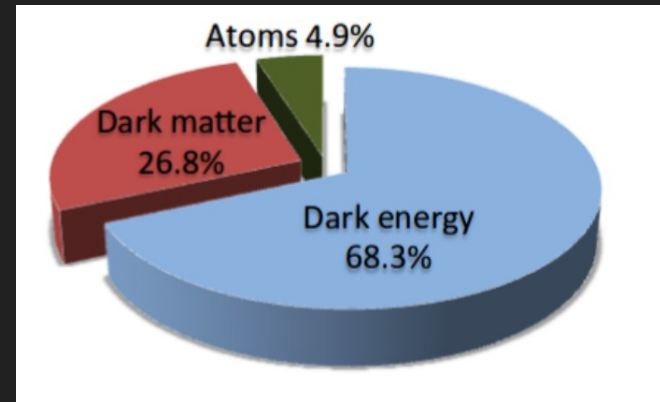


Di cosa è fatto l'universo?



Noi, i pianeti, le stelle e le galassie siamo fatti di una materia che costituisce solo una piccola parte di quello che esiste nell'universo, circa il 5%.

Circa il **27%** è costituito di materia invisibile. Non sappiamo di cosa sia fatta e la chiamiamo materia oscura.



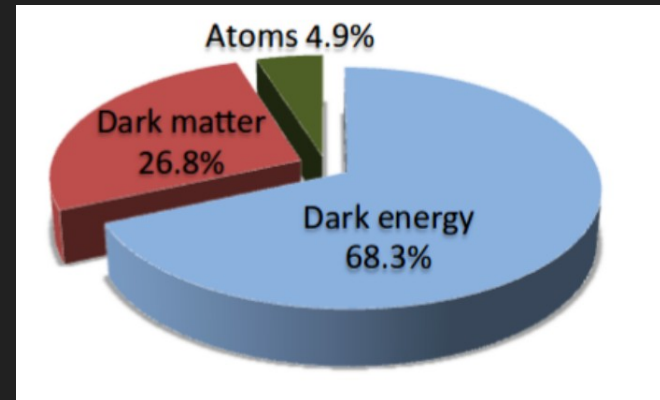
Di cosa è fatto l'universo?



Noi, i pianeti, le stelle e le galassie siamo fatti di una materia che costituisce solo una piccola parte di quello che esiste nell'universo, circa il 5%.

Circa il **27%** è costituito di materia invisibile. Non sappiamo di cosa sia fatta e la chiamiamo materia oscura.

La restante parte è costituita da una componente altrettanto misteriosa che chiamiamo energia oscura.



Come sappiamo che la materia oscura esiste?

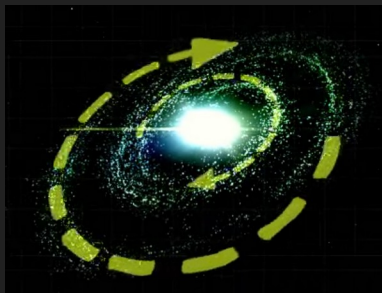
La materia oscura non interagisce (se non debolmente) con la materia normale,
però fa sentire i suoi effetti con la gravità.

Come sappiamo che la materia oscura esiste?

La materia oscura non interagisce (se non debolmente) con la materia normale, però fa sentire i suoi effetti con la gravità.

Le evidenze:

1) La velocità di rotazione delle stelle nelle galassie

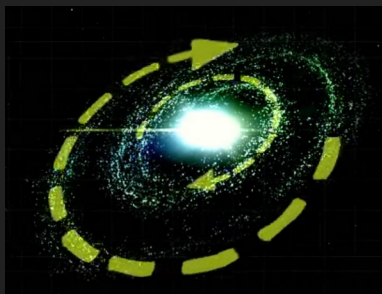


Come sappiamo che la materia oscura esiste?

La materia oscura non interagisce (se non debolmente) con la materia normale, però fa sentire i suoi effetti con la gravità.

Le evidenze:

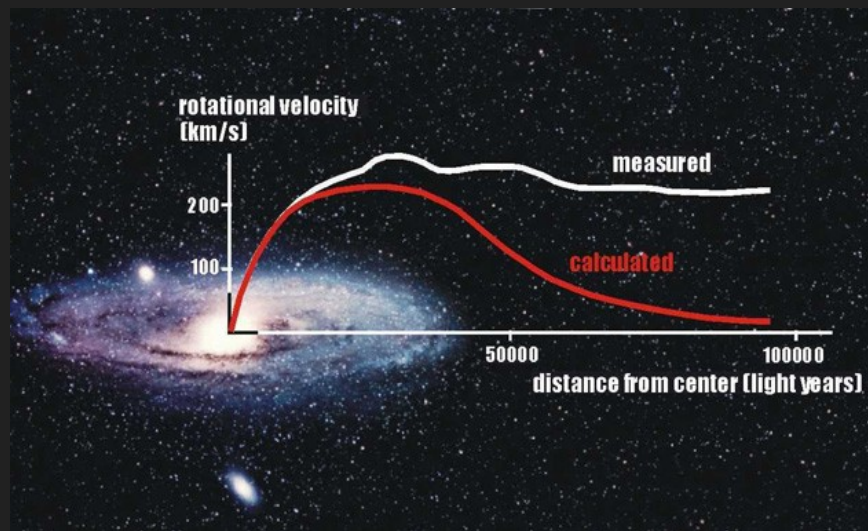
1) La velocità di rotazione delle stelle nelle galassie



Per le legge di Keplero le stelle più esterne dovrebbero ruotare più lentamente di quelle interne.

Invece si è visto che incredibilmente ruotano alla stessa velocità di quelle più vicine al centro.

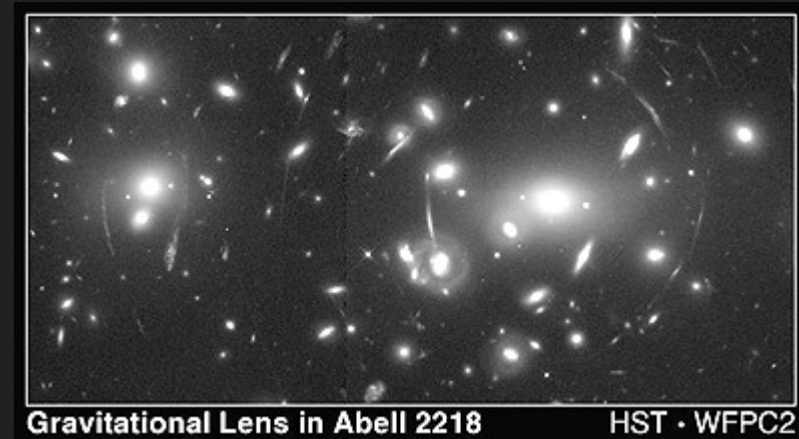
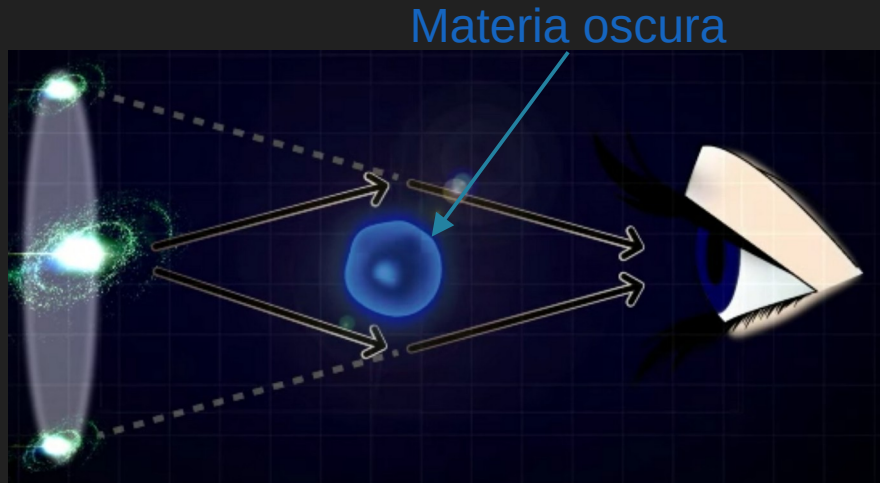
La causa di questo fenomeno è una forza di gravità esercitata da qualcosa di invisibile: la materia oscura



Come sappiamo che la materia oscura esiste?

Le evidenze:

2) Un effetto ottico: la lente gravitazionale

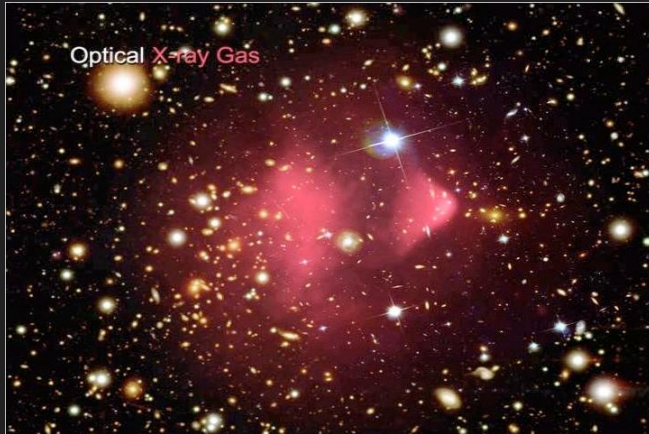


La luce proveniente da galassie lontane può giungere a noi distorta a causa della presenza di oggetti massivi posti tra esse e noi

Come sappiamo che la materia oscura esiste?

Le evidenze:

2) Un effetto ottico: la lente gravitazionale

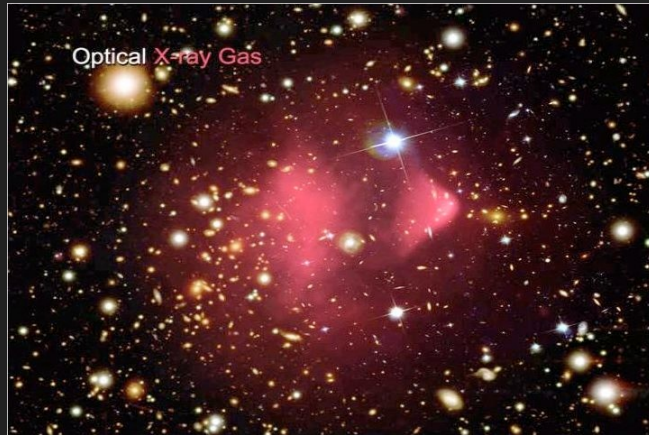


"bullet cluster" - NASA astro-ph/0608407

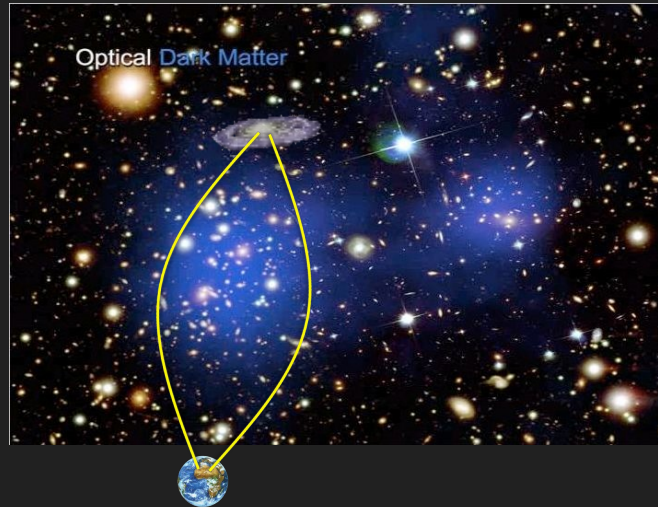
Come sappiamo che la materia oscura esiste?

Le evidenze:

2) Un effetto ottico: la lente gravitazionale



+

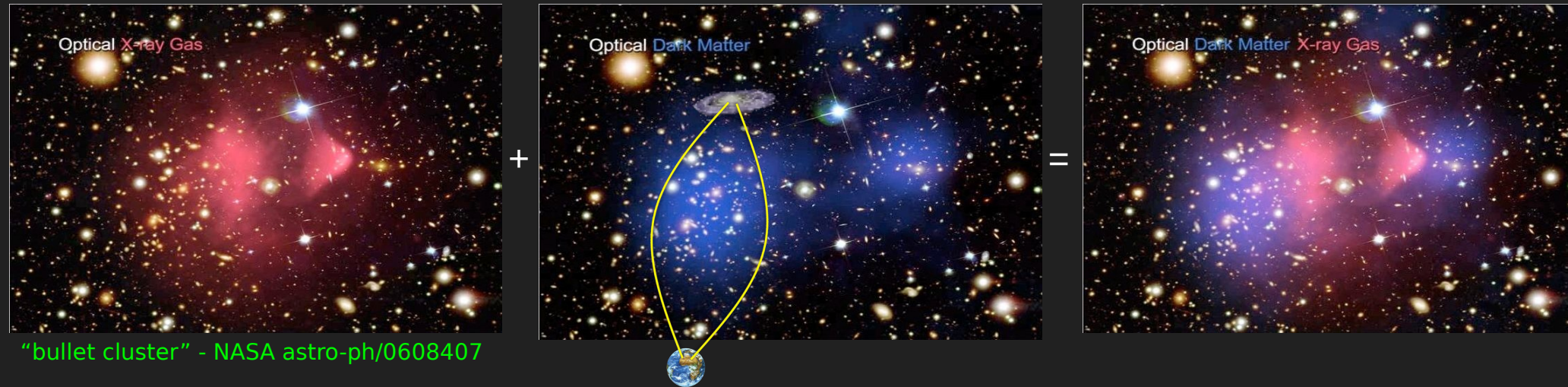


"bullet cluster" - NASA astro-ph/0608407

Come sappiamo che la materia oscura esiste?

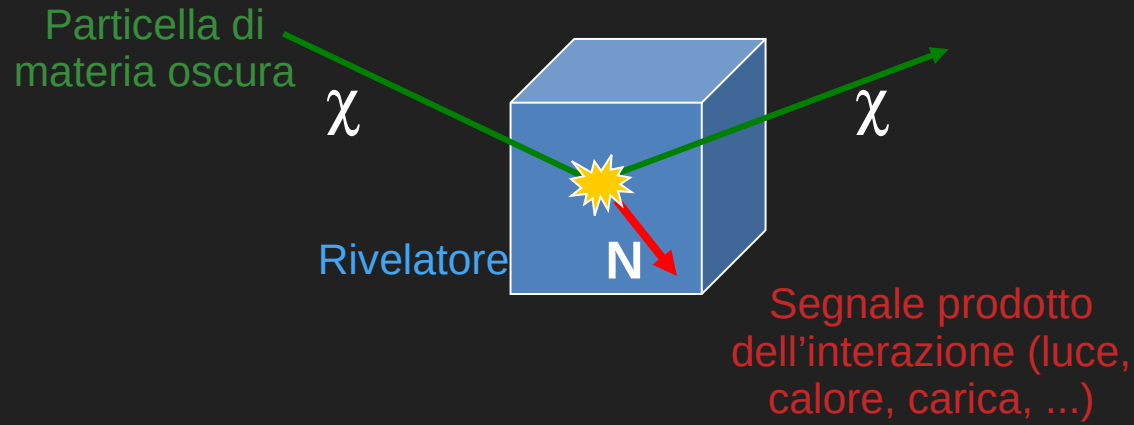
Le evidenze:

2) Un effetto ottico: la lente gravitazionale



La ricerca diretta di materia oscura

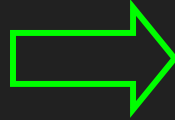
Ipotesi di base: urto elastico tra le particelle di materia oscura ed i nuclei atomici del rivelatore



Le difficoltà della ricerca diretta di materia oscura

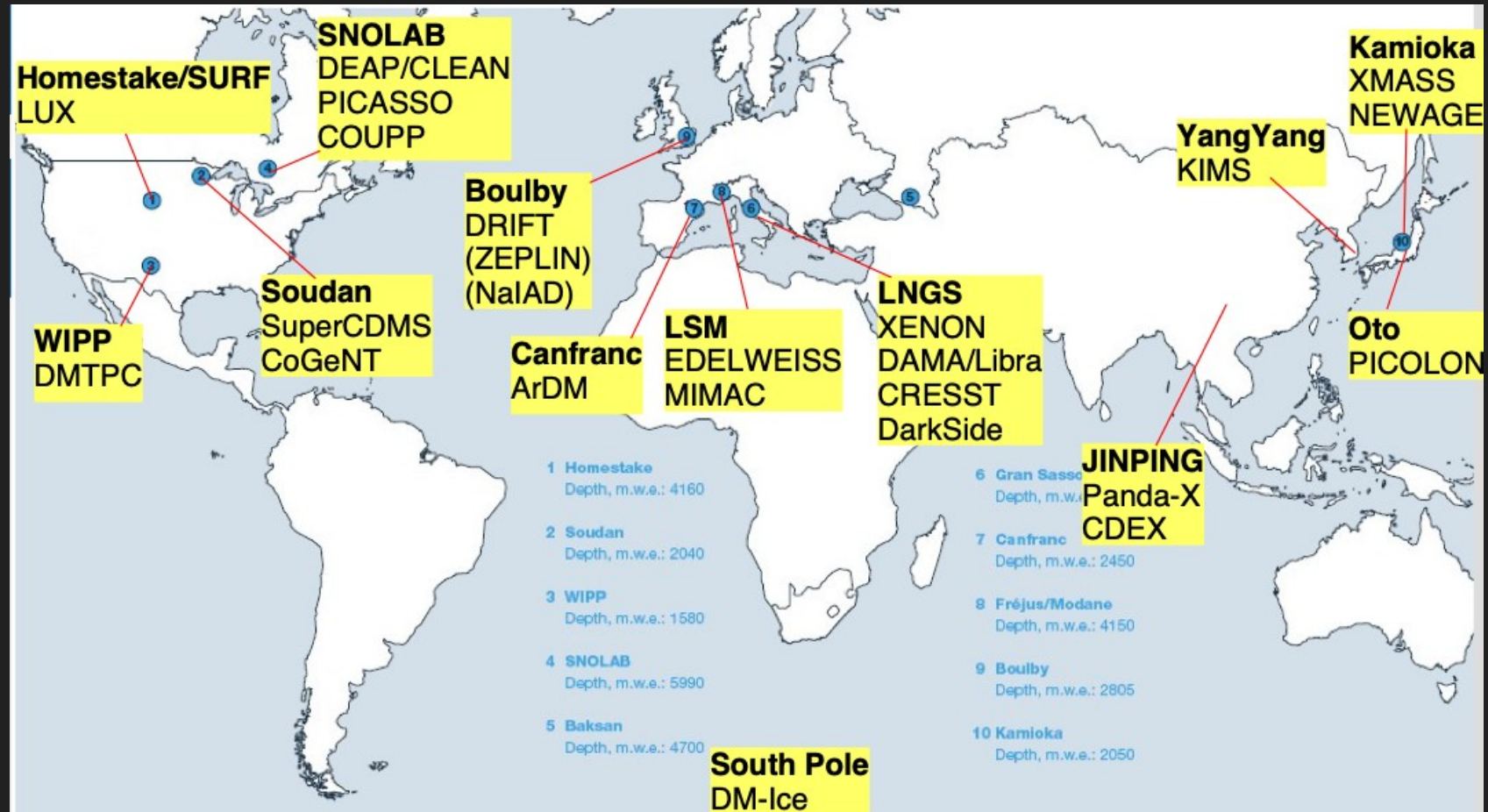
Interazioni molto rare

Necessità di ridurre il rumore di fondo



- Esperimenti sotterranei
- Schermature
- Uso di materiali radiopuri
- Discriminazione segnale/fondo

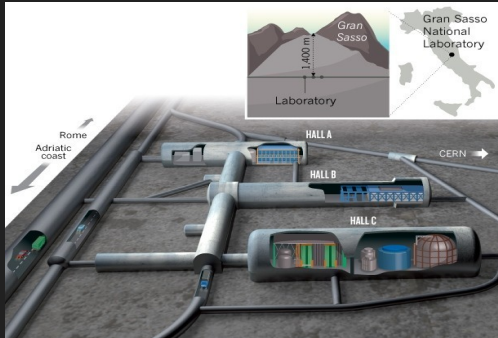
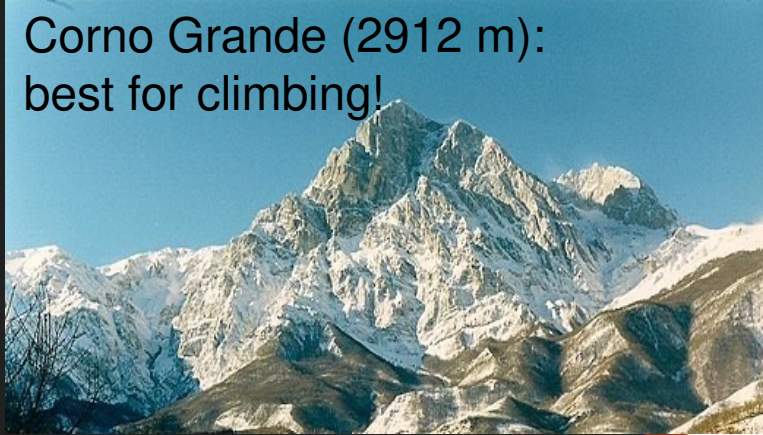
La ricerca di materia oscura, uno sforzo globale



Laboratori sotterranei

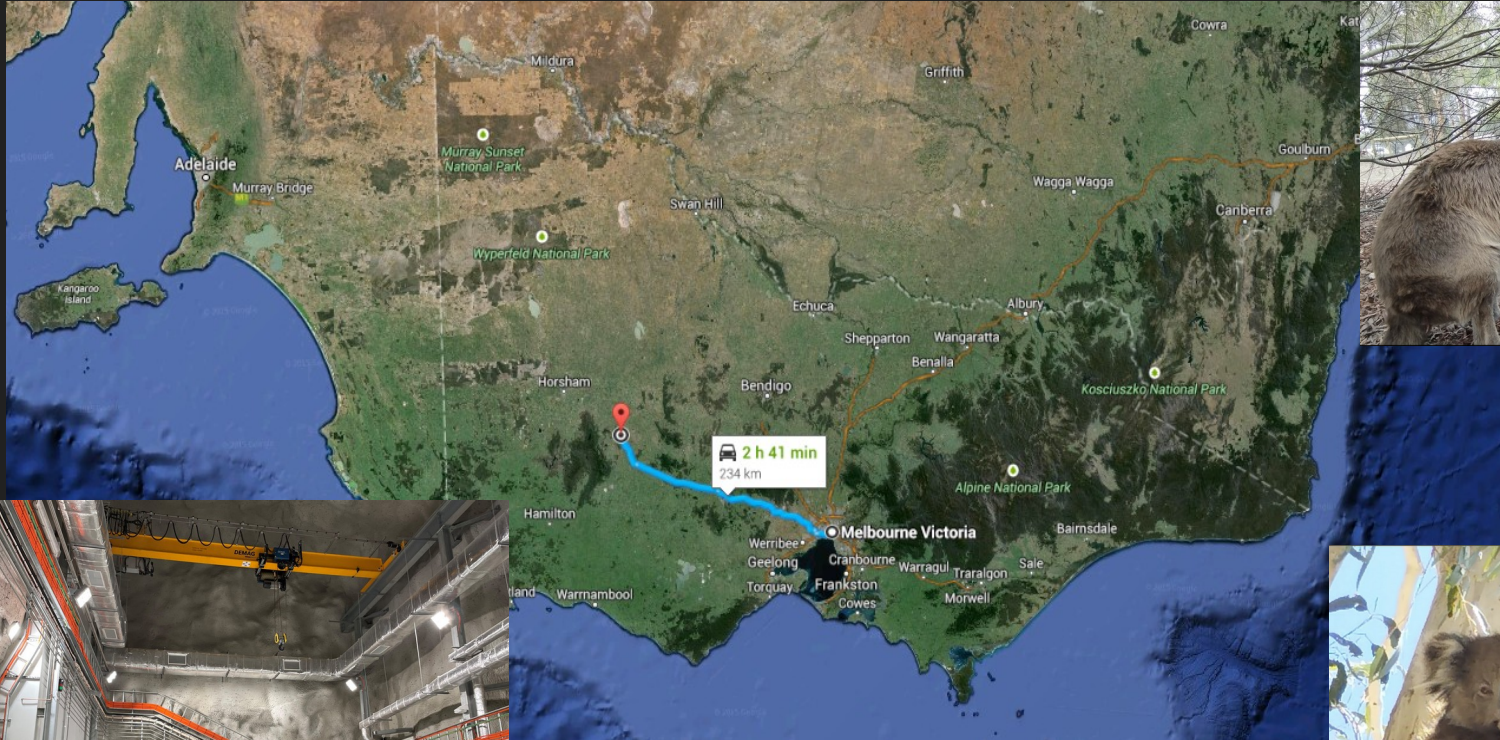
Laboratori Nazionali del Gran Sasso: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)

Corno Grande (2912 m):
best for climbing!

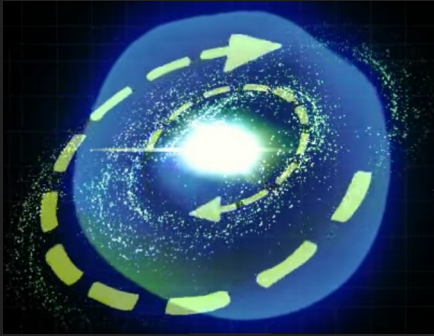


Laboratori sotterranei

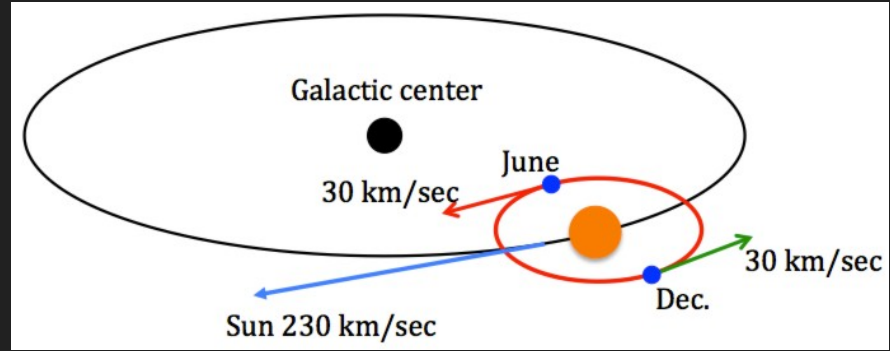
Australia: Miniera d'oro nello State of Victoria, ~ 300km ad ovest di Melbourne



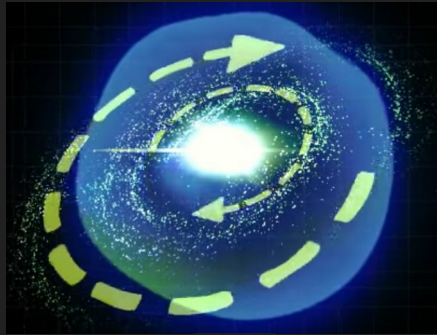
La modulazione annuale



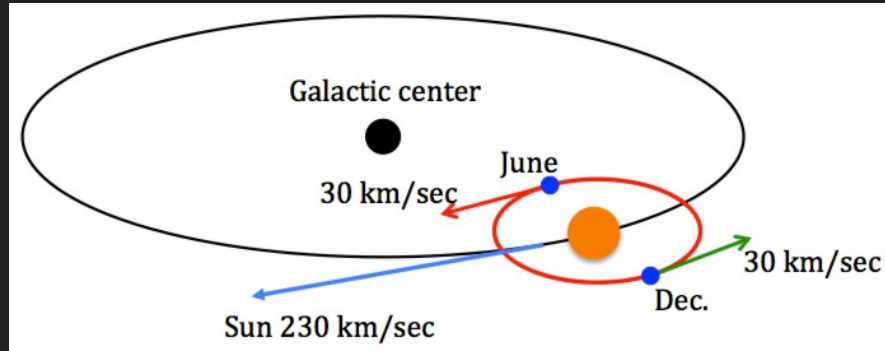
+



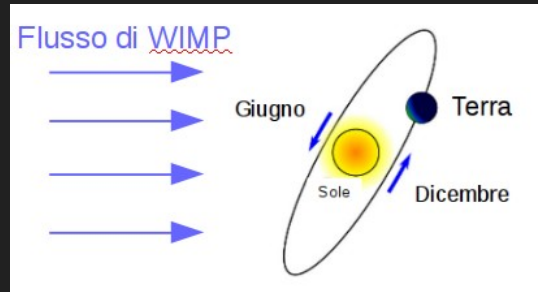
La modulazione annuale



+



=

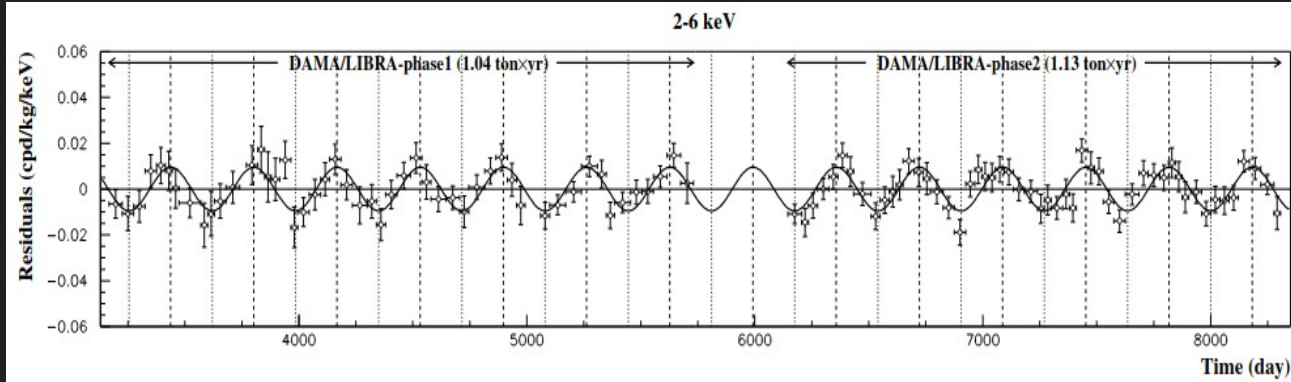


Il moto di rivoluzione terrestre attorno al Sole produce una modulazione annuale del rate di interazione delle particelle di materia oscura in un rivelatore posto a terra.

Questo è il segnale da ricercare!

L'esperimento DAMA/LIBRA

L'esperimento DAMA/LIBRA ha osservato un segnale compatibile con la modulazione annuale dell'interazione di materia oscura nella luce di scintillazione di cristalli di NaI(Tl)!



Periodo ~ 1 anno
Fase (145 ± 5) d (atteso 152.5d)

Altri esperimenti non osservano tale segnale, ma si basano su materiali e tecnologie differenti, o non hanno sufficiente sensibilità/radiopurezza per rigettare il risultato di DAMA in maniera certa.

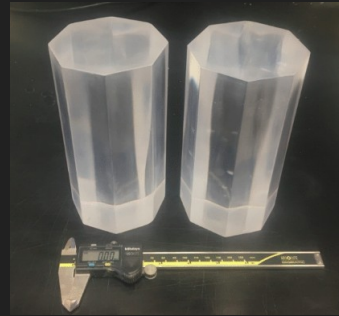
L'esperimento SABRE

Ricerca della modulazione annuale del segnale di materia oscura nella regione 1-6 keV con un fondo significativamente più basso rispetto agli altri attuali esperimenti che utilizzando cristalli di NaI(Tl)

L'esperimento SABRE

Ricerca della modulazione annuale del segnale di materia oscura nella regione 1-6 keV con un fondo significativamente più basso rispetto agli altri attuali esperimenti che utilizzando cristalli di NaI(Tl)

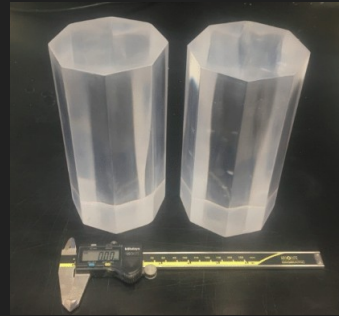
1) Cristalli ultrapuri di NaI(Tl):



L'esperimento SABRE

Ricerca della modulazione annuale del segnale di materia oscura nella regione 1-6 keV con un fondo significativamente più basso rispetto agli altri attuali esperimenti che utilizzando cristalli di NaI(Tl)

1) Cristalli ultrapuri di NaI(Tl):



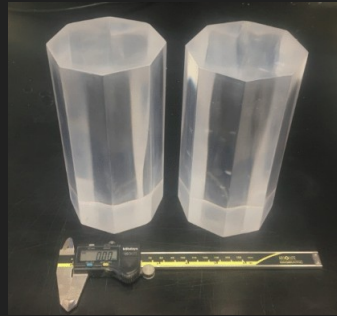
2) Fototubi con alta efficienza quantica e basso fondo



L'esperimento SABRE

Ricerca della modulazione annuale del segnale di materia oscura nella regione 1-6 keV con un fondo significativamente più basso rispetto agli altri attuali esperimenti che utilizzando cristalli di NaI(Tl)

1) Cristalli ultrapuri di NaI(Tl):



2) Fototubi con alta efficienza quantica e basso fondo



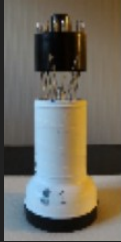
3) Coppia di rivelatori nei due emisferi



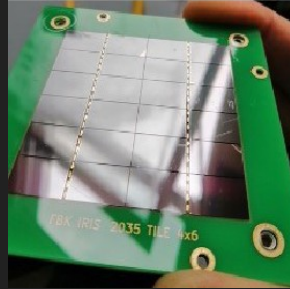
Identificazione di fondi con modulazione stagionale

Il progetto ASTAROTH

Innovativo di rivelatore di luce basato sui Silicon PhotoMultipliers (SiPM) per la ricerca diretta di materia oscura



Tipico fototubo

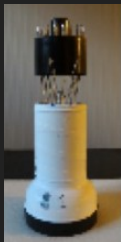


SiPM

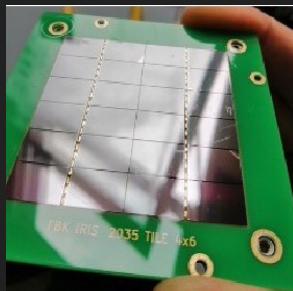
I SiPM consentono la riduzione della soglia di energia di rilevamento fino alla regione sub-keV

Il progetto ASTAROTH

Innovativo di rilevatore di luce basato sui Silicon PhotoMultipliers (SiPM) per la ricerca diretta di materia oscura



Tipico fototubo



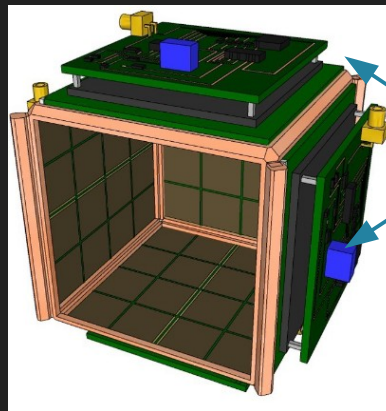
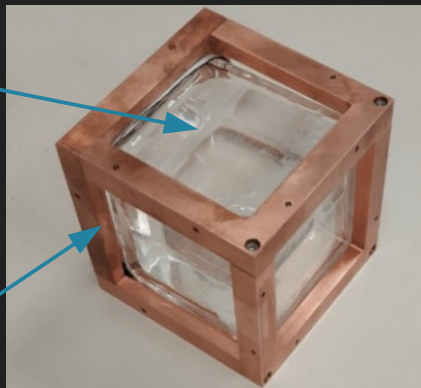
SiPM

I SiPM consentono la riduzione della soglia di energia di rilevamento fino alla regione sub-keV

ASTAROTH utilizzerà cristalli cubici di NaI(Tl) (attualmente: $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$) letti su tutte e sei le facce da matrici SiPM, operanti a temperature nell'intervallo 87 – 150 K

I cristalli devono essere sigillati: NaI(Tl) è igroscopico

Un telaio in rame a bassa radioattività consente il montaggio di SiPM



6 SiPM con elettronica di lettura su ogni faccia del cristallo

Grazie