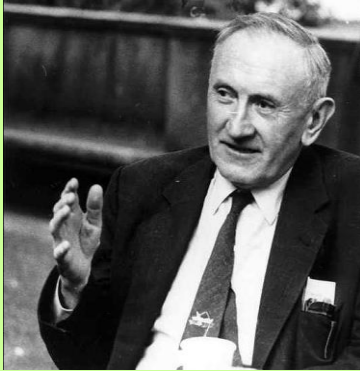


Riflessioni sulla natura della materia oscura nell'Universo

Nota presentata
il 15 maggio 2019
Accademia delle Scienze di Torino

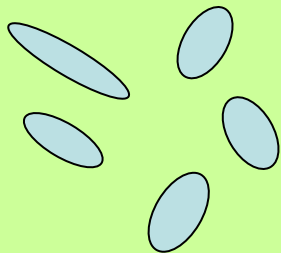
Alessandro Bottino



Fritz Zwicky, 1933



Ammasso galattico COMA



distribuzione di
velocita' delle galassie

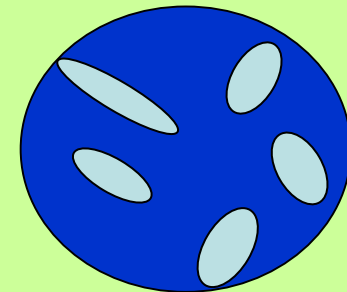


massa totale dell'ammasso -
massa visibile

massa mancante

la massa visibile è **insufficiente** a
spiegare le velocità osservate

**deve esistere della massa associata
a della materia oscura**

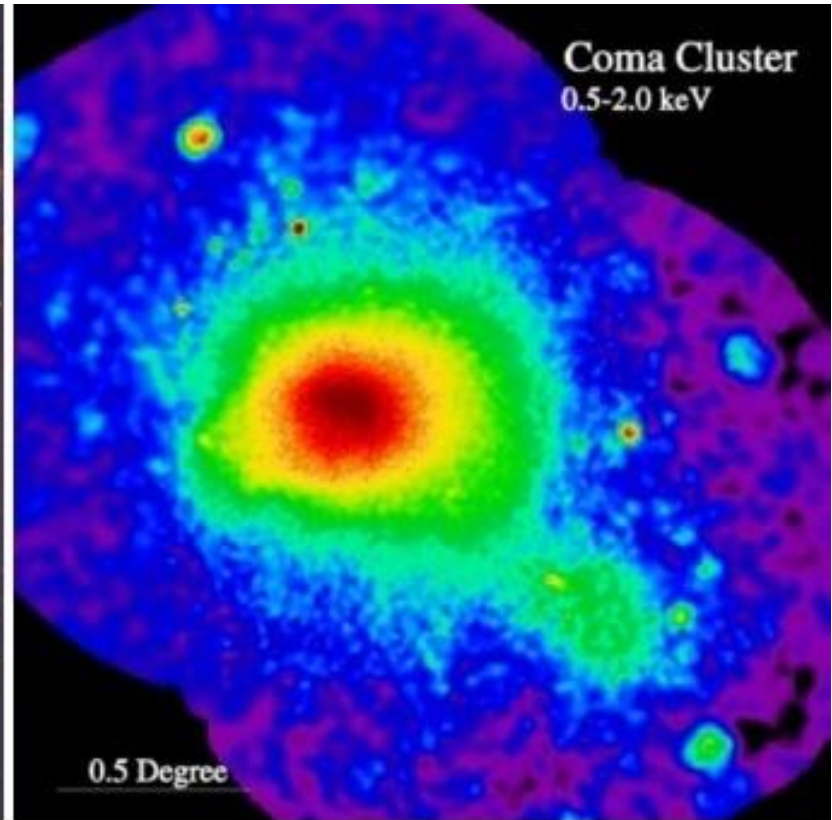


Ammasso Coma

immagine nell'ottico

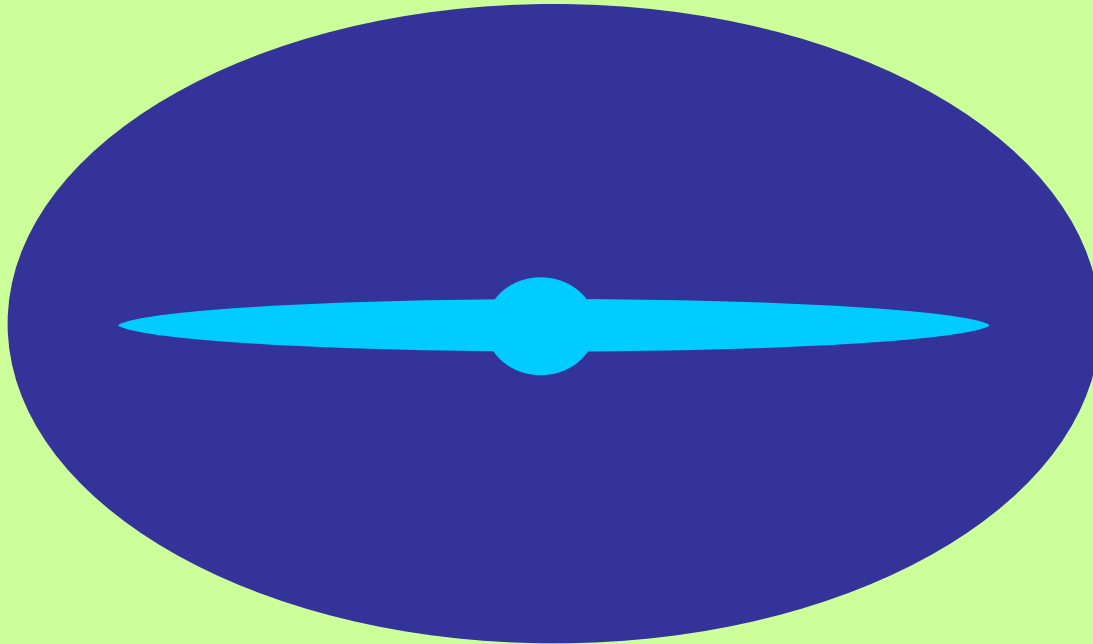


immagine a raggi-X
satellite ROSAT



senza la presenza della materia, il gas caldo evaporerebbe

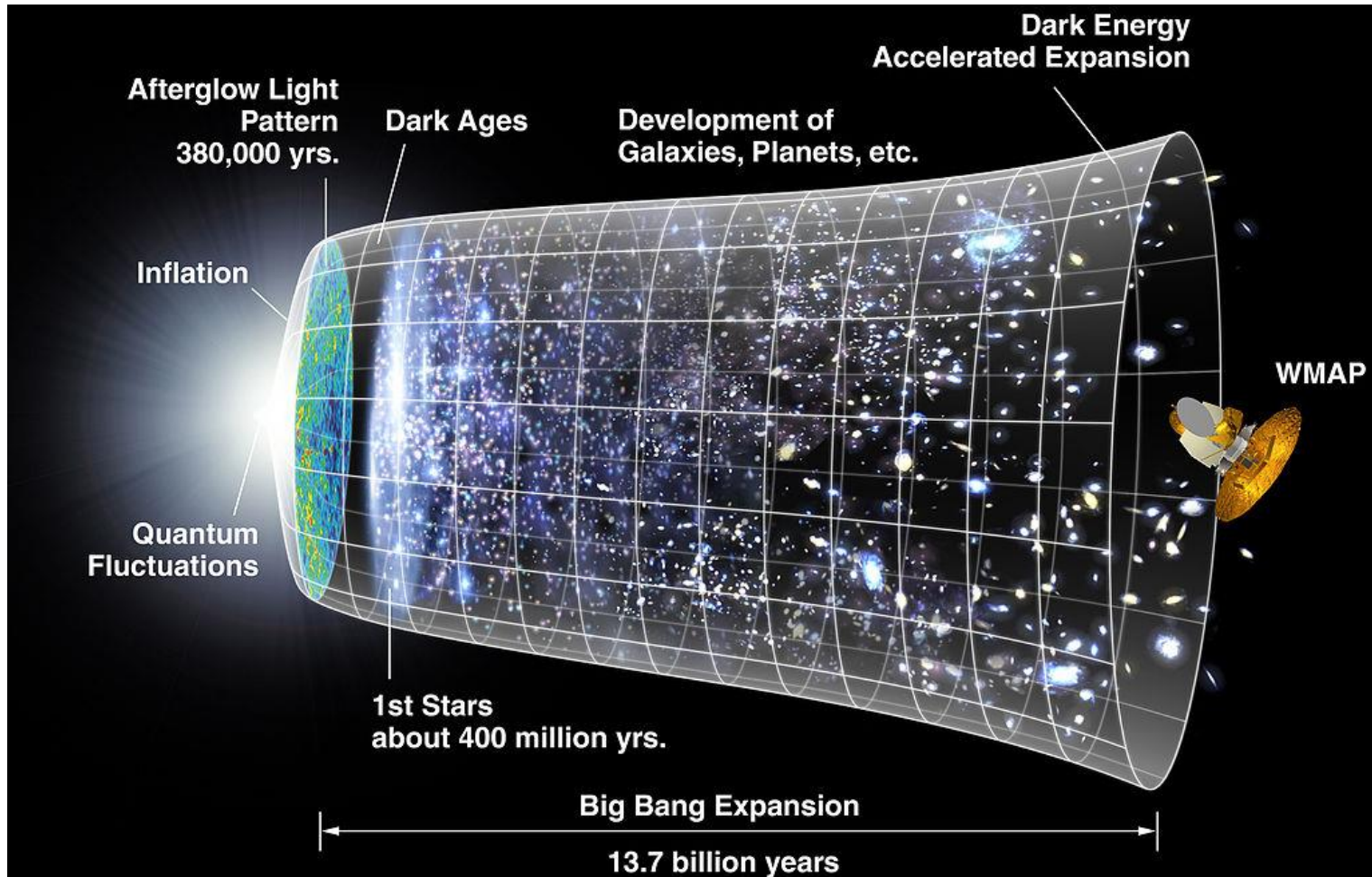
Alone di materia oscura



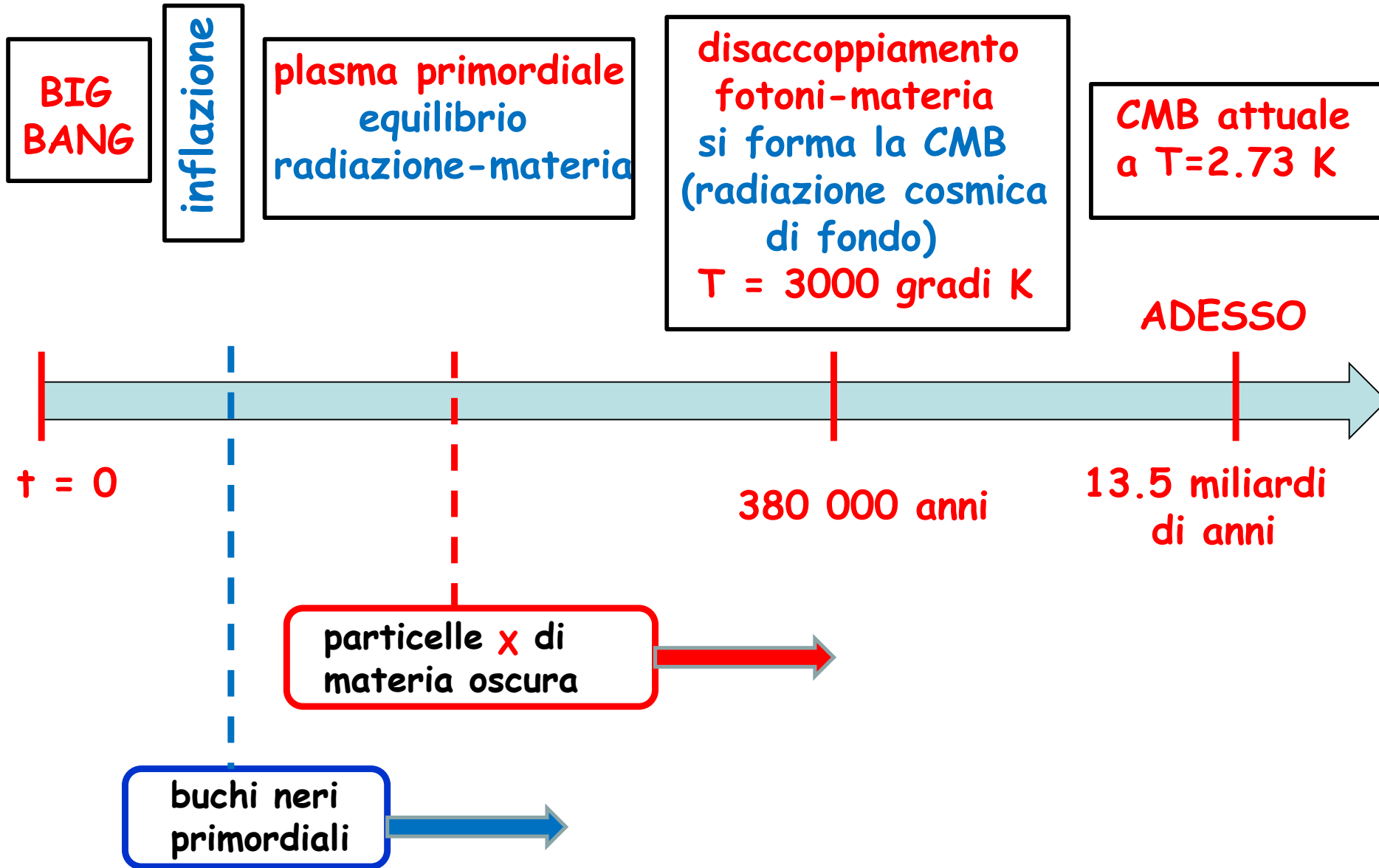
la nostra galassia vista di taglio

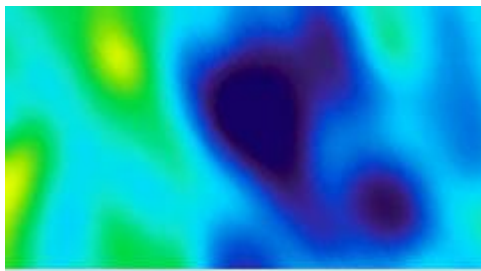
Il ruolo della materia oscura è cruciale per la **formazione delle strutture cosmologiche** (galassie, ammassi di galassie)

Evoluzione del cosmo in espansione



Evoluzione del cosmo in espansione e in raffreddamento





Fluttuazioni primordiali



Crescita delle fluttuazioni per effetto gravitazionale



Qui e' fondamentale la
presenza della materia
oscura



Formazione di strutture

(galassie, ammassi di galassie)

Per capire le proprietà osservative della materia visibile si ipotizza che la maggior parte della materia nell'Universo sia oscura

Per materia oscura si intende materia che ha effetti prevalentemente gravitazionali; eventuali altre interazioni con materia ordinaria devono essere di natura debole

Interazioni della materia oscura con la materia ordinaria:

interazione forte	NO	interazione debole ???
inter. elettr. magn.	NO	inter. gravitazionale SI

Le particelle di materia oscura sono delle
Weakly **I**nteracting **M**assive **P**articles?

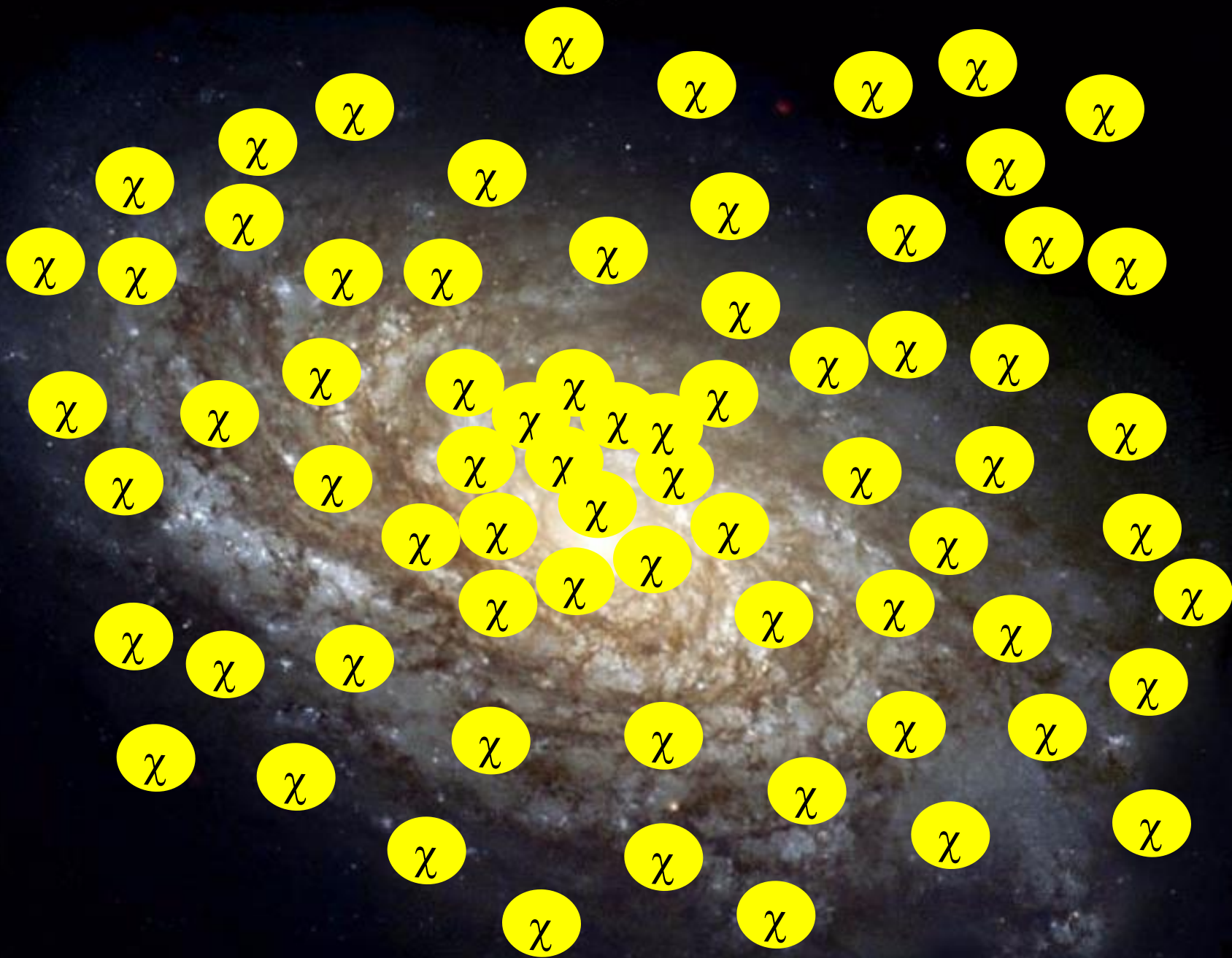
Come possono essere osservate in laboratorio ?

Nella nota **Reflections on the search for particle dark matter by direct experiments**

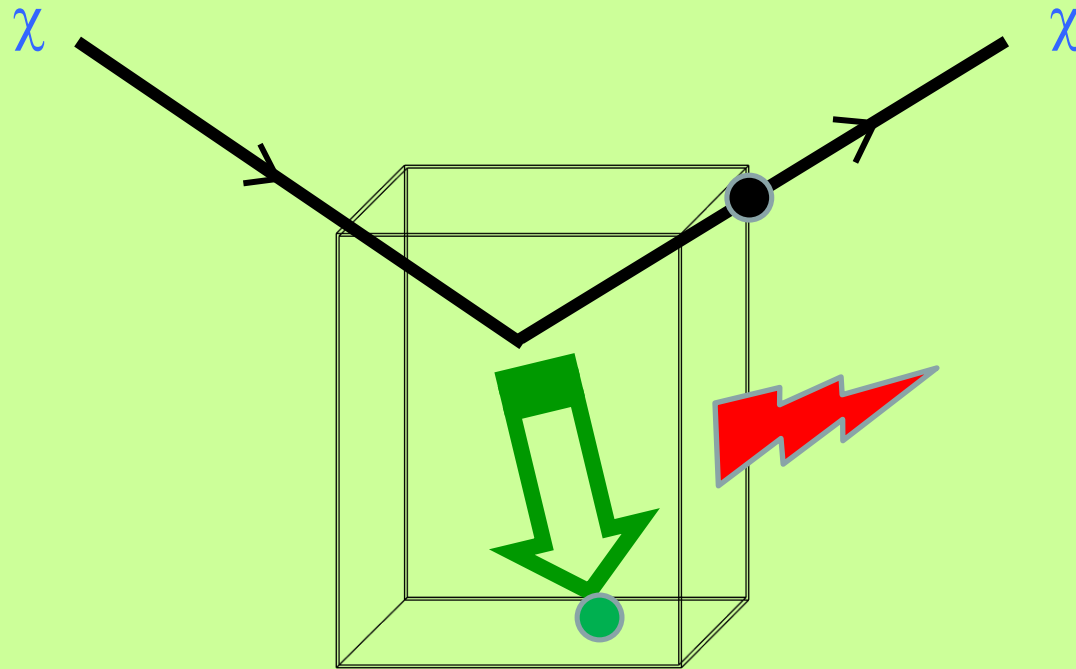
- viene ripercorso lo **sviluppo concettuale** delle ricerche dirette
- viene discusso criticamente lo **stato attuale** di questa linea di ricerca
- vengono commentati i possibili **sviluppi di medio termine**

Galassia a spirale M81 (simile alla nostra galassia)





Misure dirette di WIMP

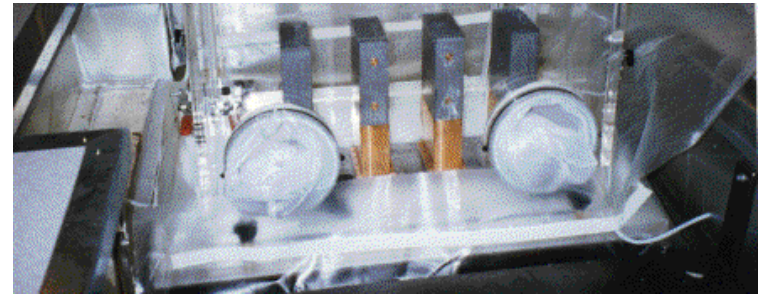


misura di rinculo nucleare

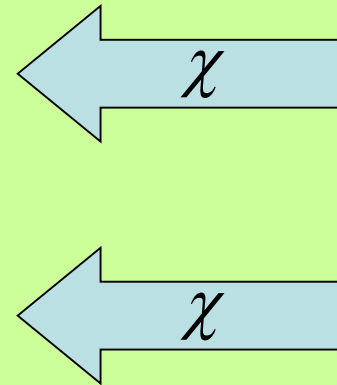
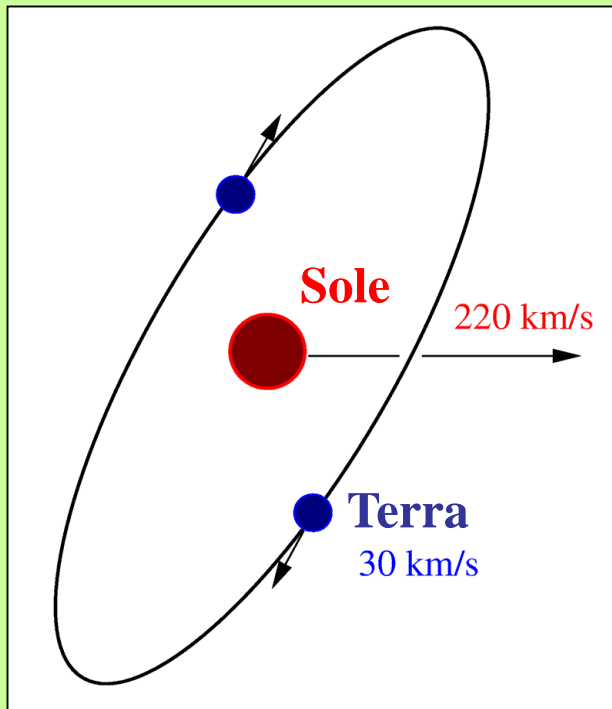
Ricerche in luoghi protetti dalla radiazione cosmica



Esperimento DAMA

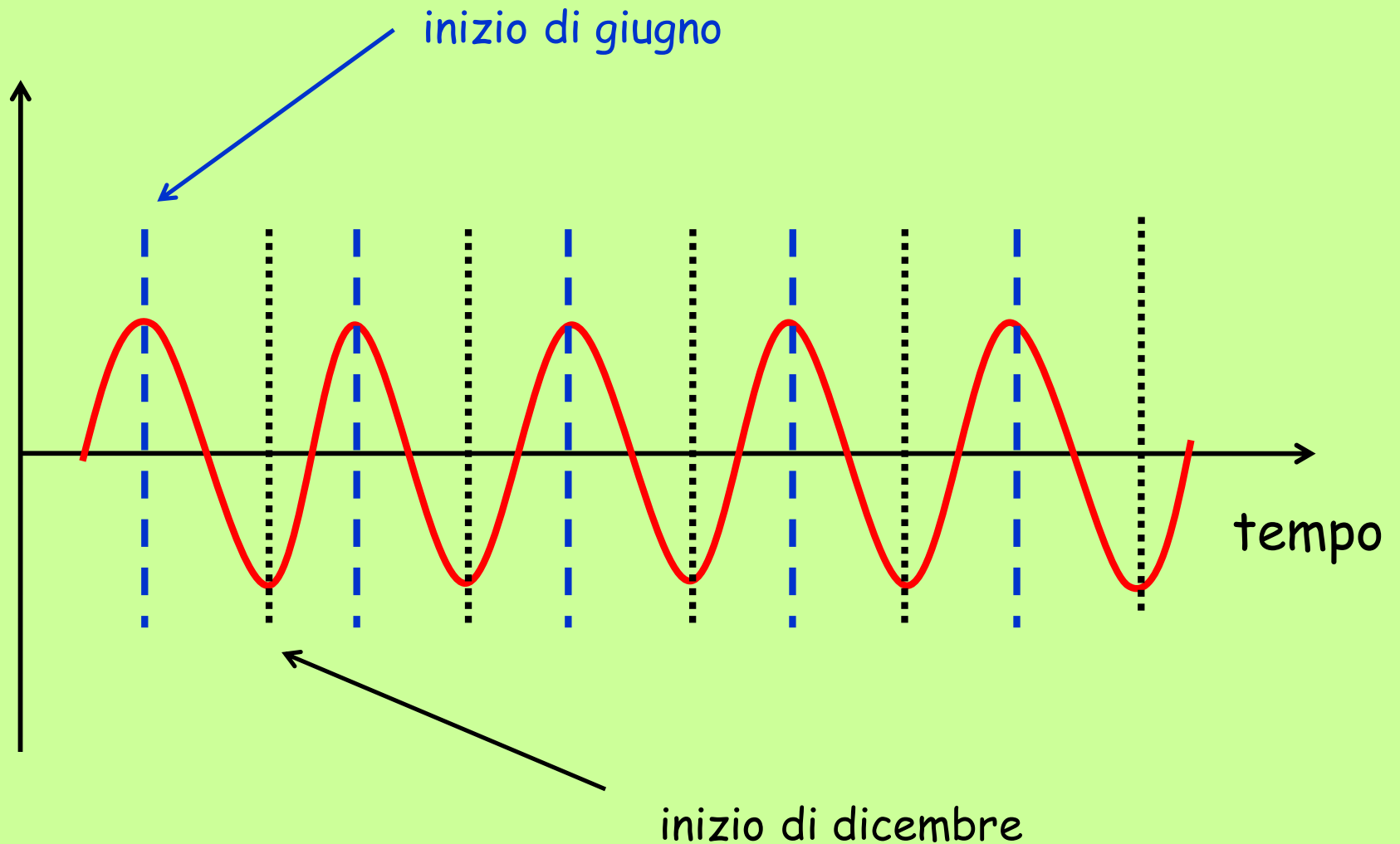


Laboratori Nazionali del Gran Sasso



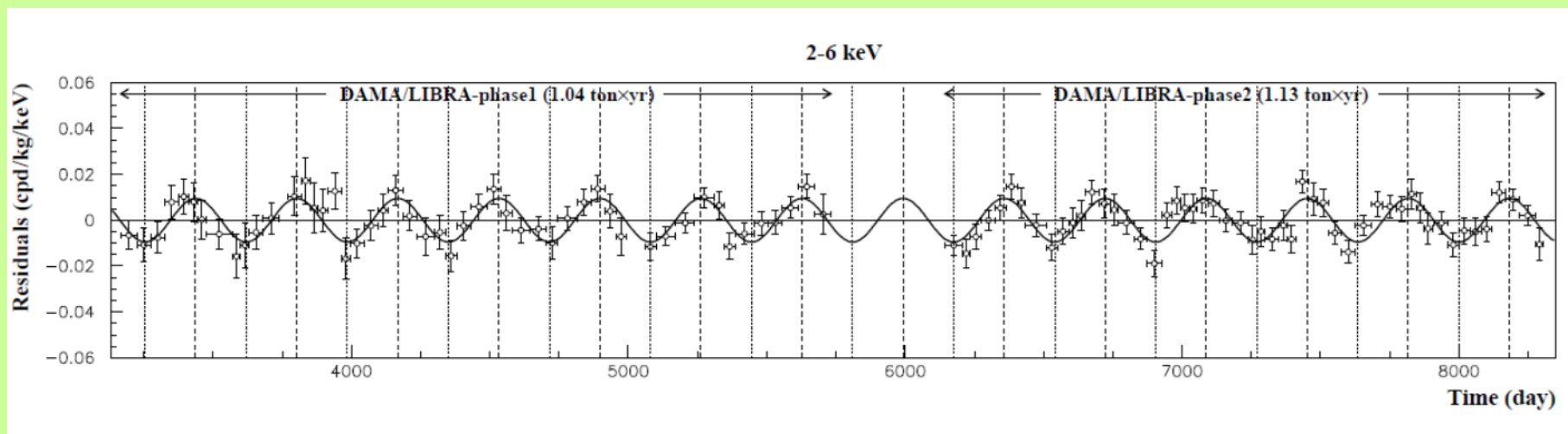
Moto del sistema solare
rispetto alle particelle
dell'alone oscuro

Variazione annuale del segnale



Esperimento DAMA/LIBRA presso il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso
dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
(rivelatore: cristalli di NaI - 100 Kg \longrightarrow 250 Kg)

**Osservata una variazione annuale del segnale su di un periodo
complessivo di 20 anni**



rilevanza statistica 12.9σ

Esistono **fondi** con variazione annuale che possono **simulare la modulazione annuale** misurata?

Tutti i possibili fondi variabili nel tempo e con i requisiti tipici richiesti per la modulazione del segnale di materia oscura sono stati analizzati: **i loro effetti sono molto al di sotto del livello del segnale misurato**

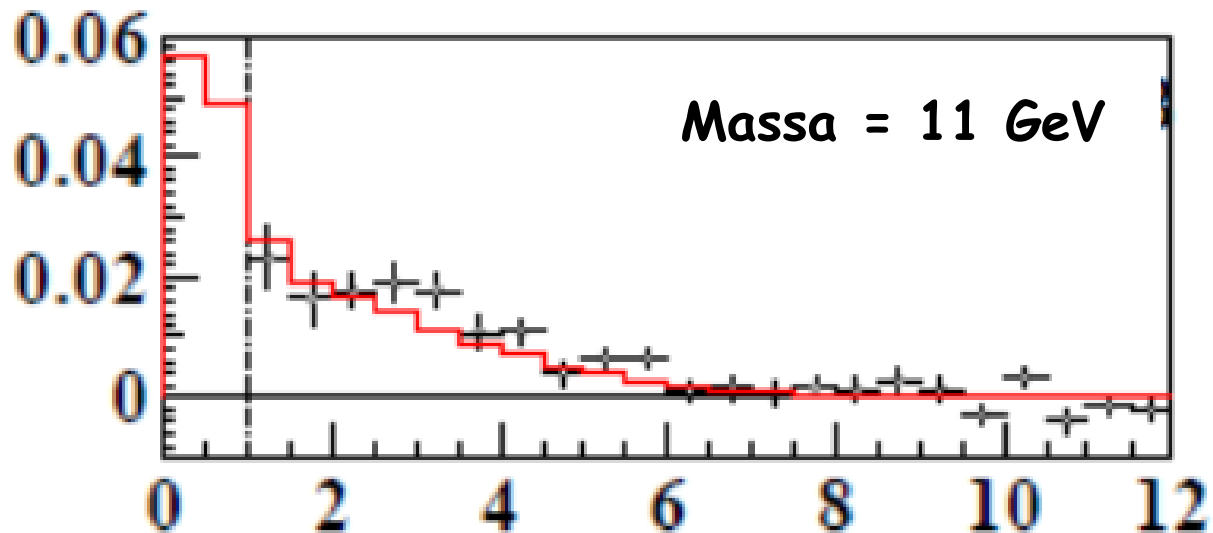
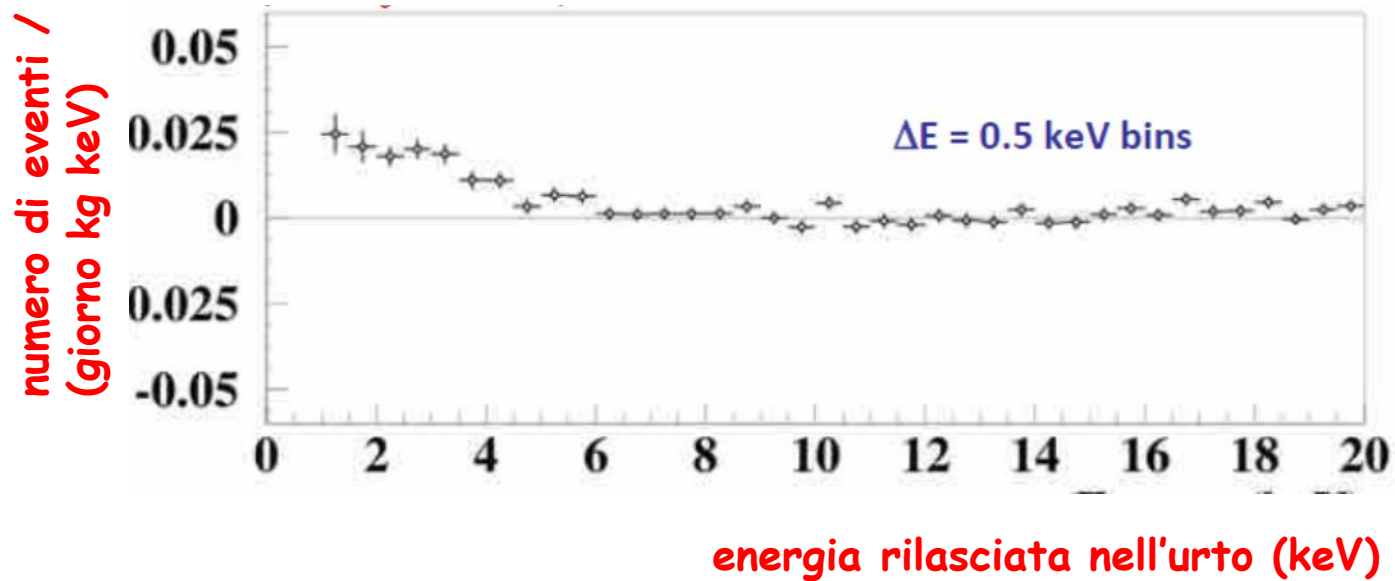
Gli **altri esperimenti** (CRESST-III, XENON 1T, LUX, ...) di misura diretta di materia oscura particellare forniscono solo **limiti superiori** sulla grandezza misurata

DAMA Collaboration

P. Belli, talk at *Particle Physics with Neutrons at the ESS*, Nordita, Stockholm (Sweden), December 10-14, 2018

R. Bernabei et al., *Improved model-dependent corollary analyses after the first six annual cycles of DAMA/LIBRA - phase 2* (to appear), and *private communication*

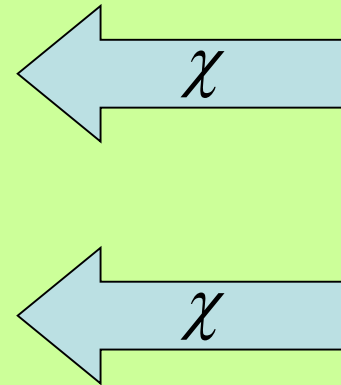
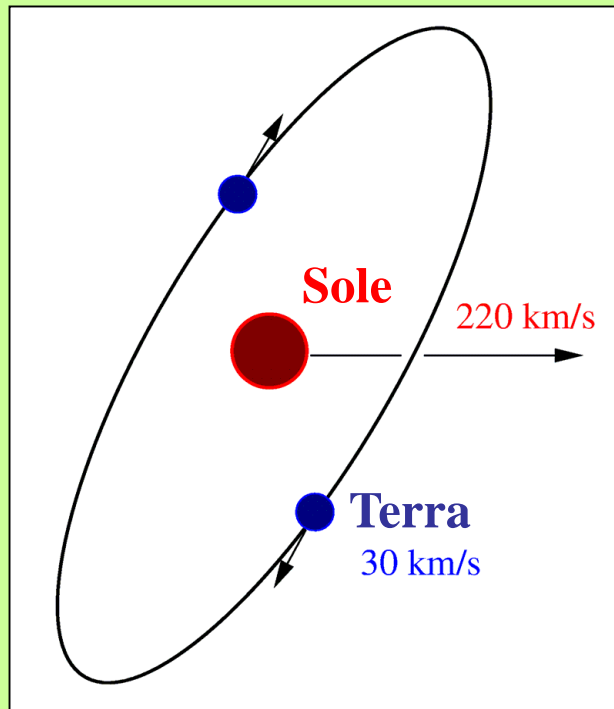
Spettro energetico del segnale modulato



Questi risultati mostrano che i 2 casi più semplici di interazione: **quella scalare e quella di spin-spin** sono compatibili con i dati (con **distribuzione galattica canonica**).

Anche altri tipi di WIMP e di distribuzioni galattiche sono possibili: **degenerazione** delle soluzioni.

L'abbassamento della soglia è importante per limitare il numero di soluzioni possibili.



Il moto di rotazione della Terra attorno al proprio asse può indurre un effetto di **variazione diurna del segnale** (da misurare in futuro)

Sviluppi nel futuro

Misure di:

- ★ modulazione annuale con soglia energetica più bassa
- ★ modulazione diurna
- ★ direzionalità