



Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Risultati del primo prototipo di COSINUS

Lorenzo Pagnanini
per la collaborazione COSINUS

IFAE 2017 - Trieste

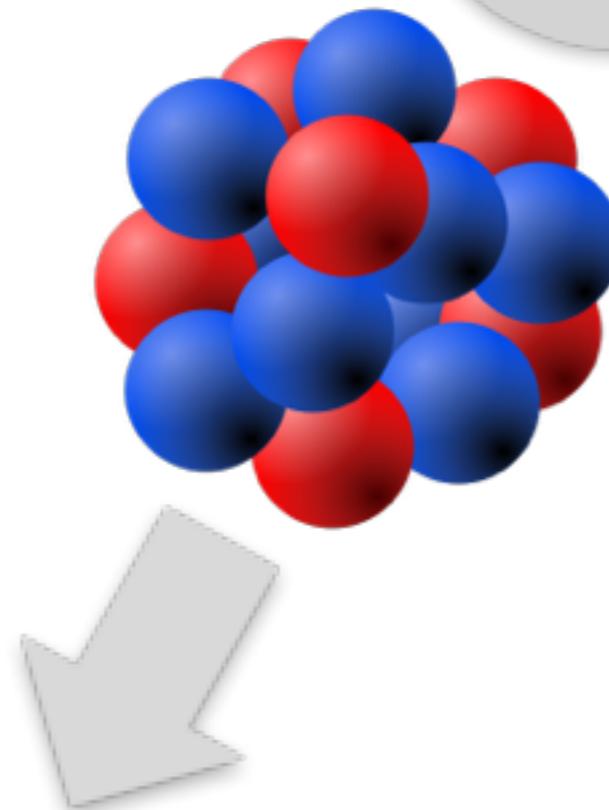
Rivelazione di Materia Oscura

Paradigma WIMP

(Weakly Interactive Massive Particle)

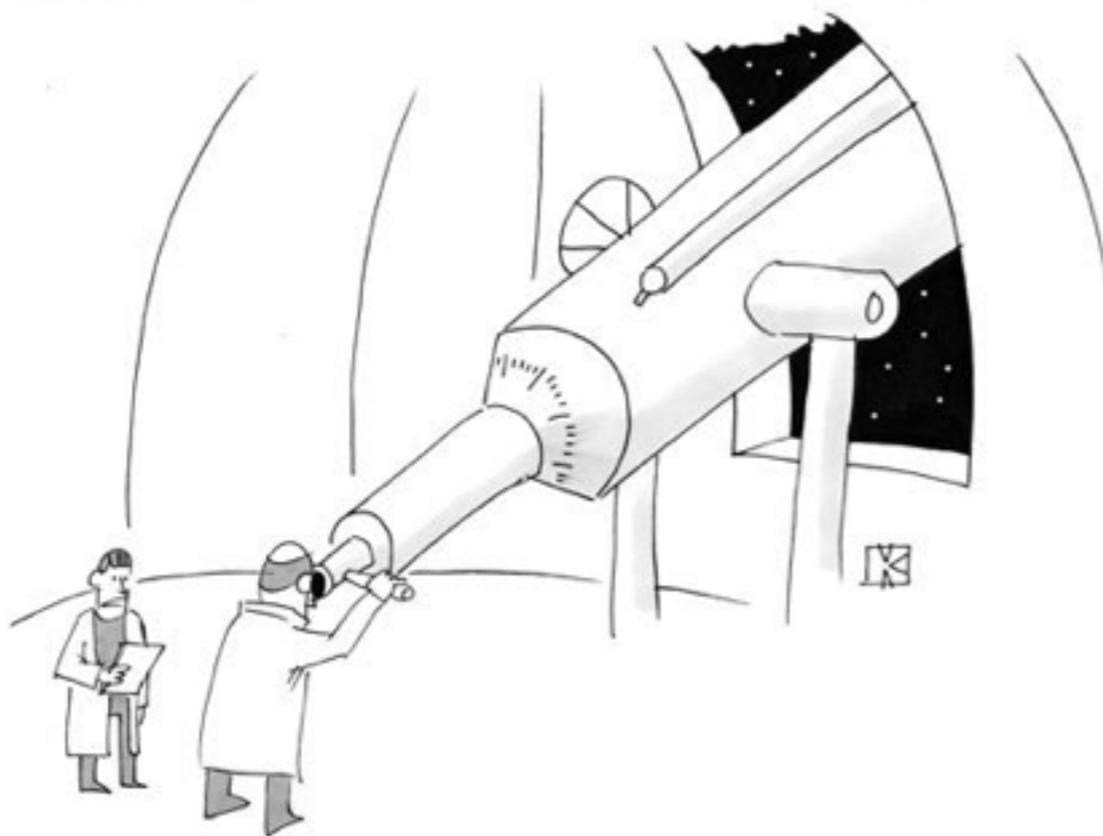
Si ipotizza che la **materia oscura** sia composta di **particelle** che possono interagire elasticamente con un **nucleo** di materia comune, provocandone il **rinculo**.

WIMP



© Gregory Kogan. All rights reserved.

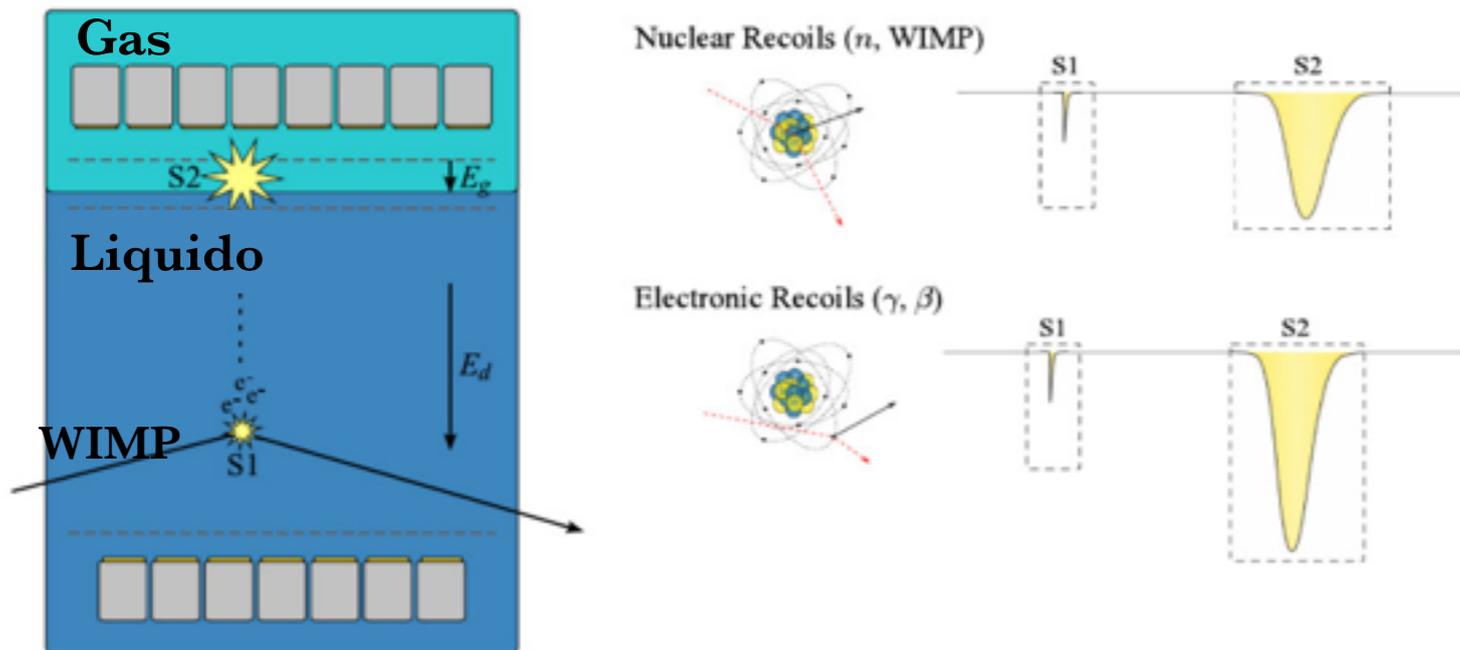
GagCartoons.com



"That isn't dark matter, sir—you just forgot to take off the lens cap."

Esempi di ricerca diretta...

Dark Side, Xenon, LUX, PandaX



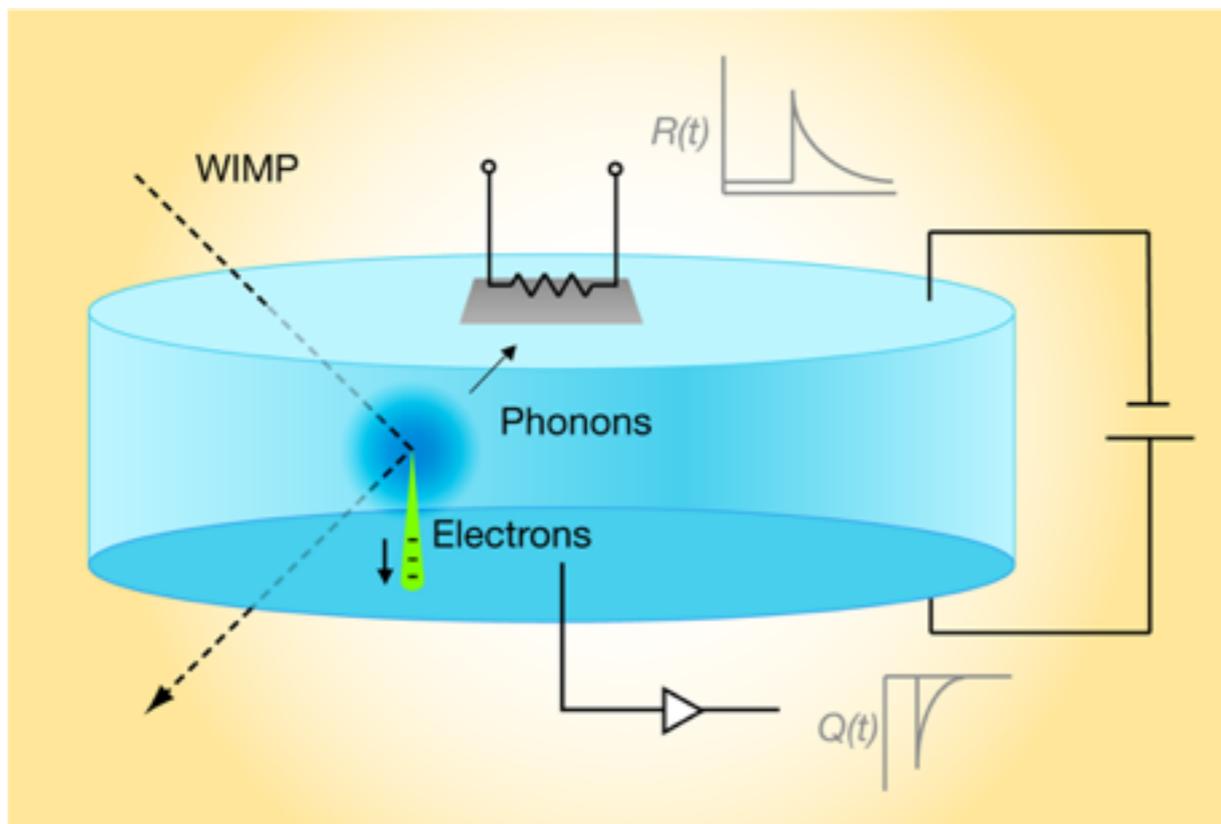
Segnali Misurati

Scintillazione Liquido + Scintillazione Gas

Discriminazione Fondo

Rapporto fra i due segnali

SuperCDMS, Edelweiss, CRESST



Segnali Misurati

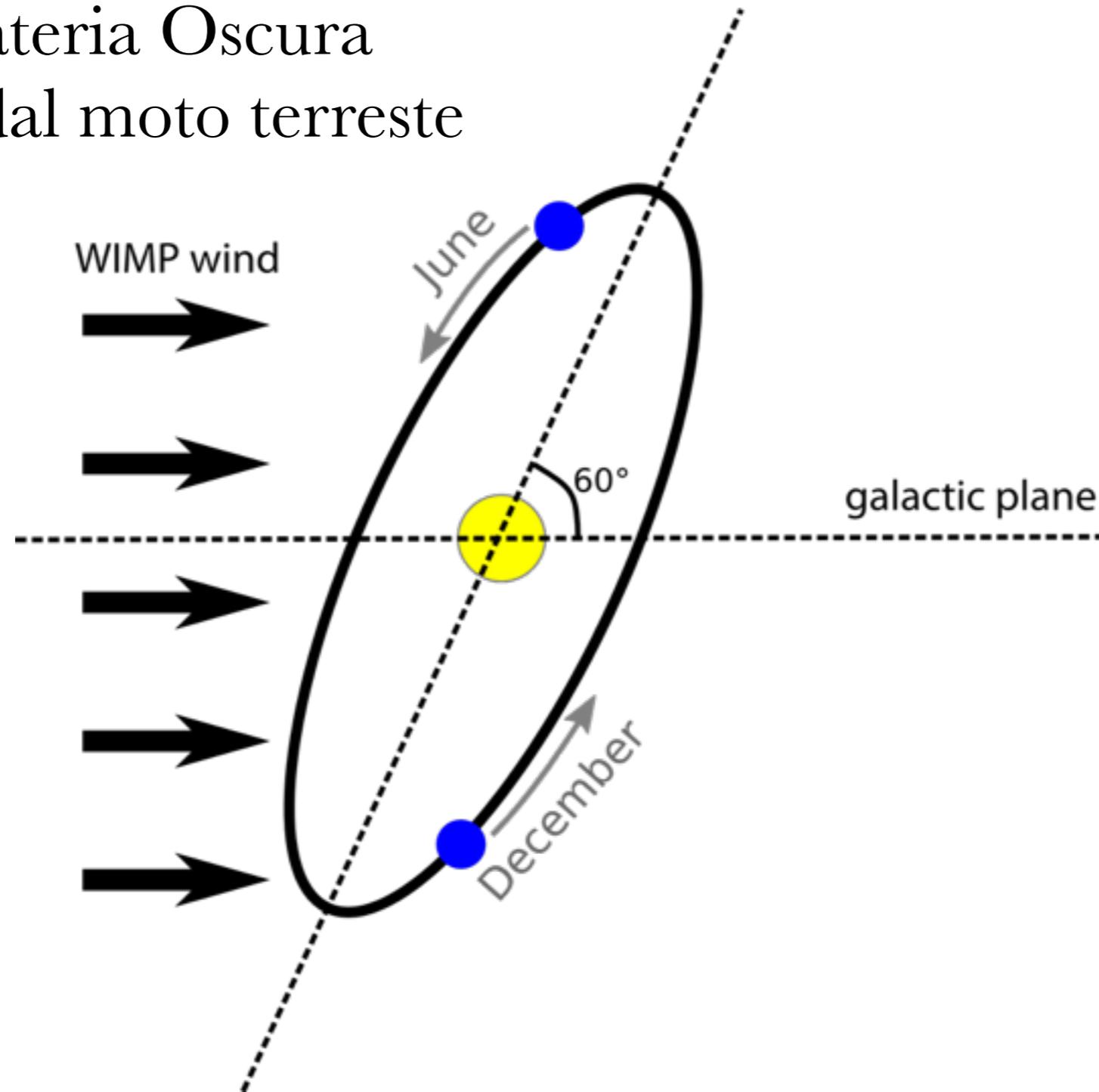
Fononi nel Cristallo + Carica/ Scintillazione

Discriminazione Fondo

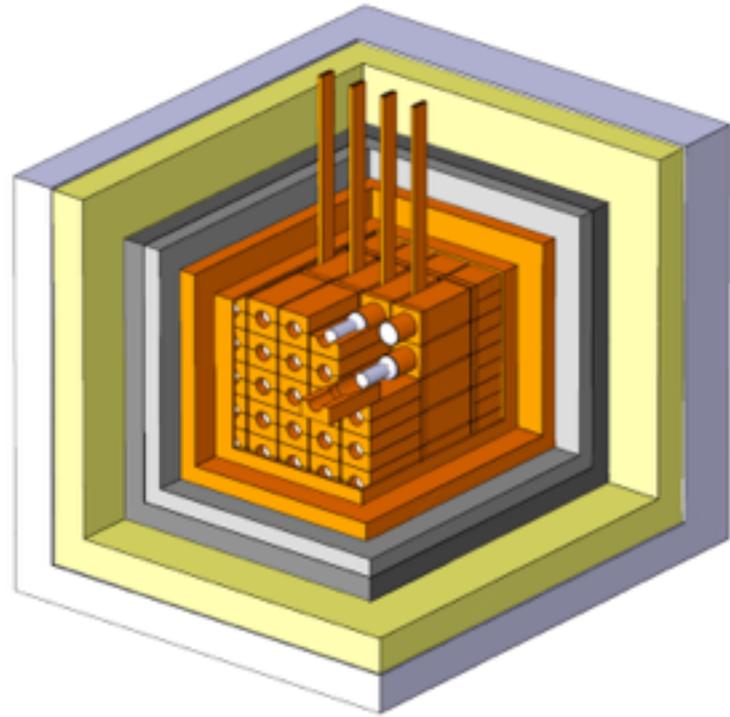
Rapporto fra i due segnali

...e ricerca di modulazione

Modulazione annuale del segnale
di Materia Oscura
indotta dal moto terrestre

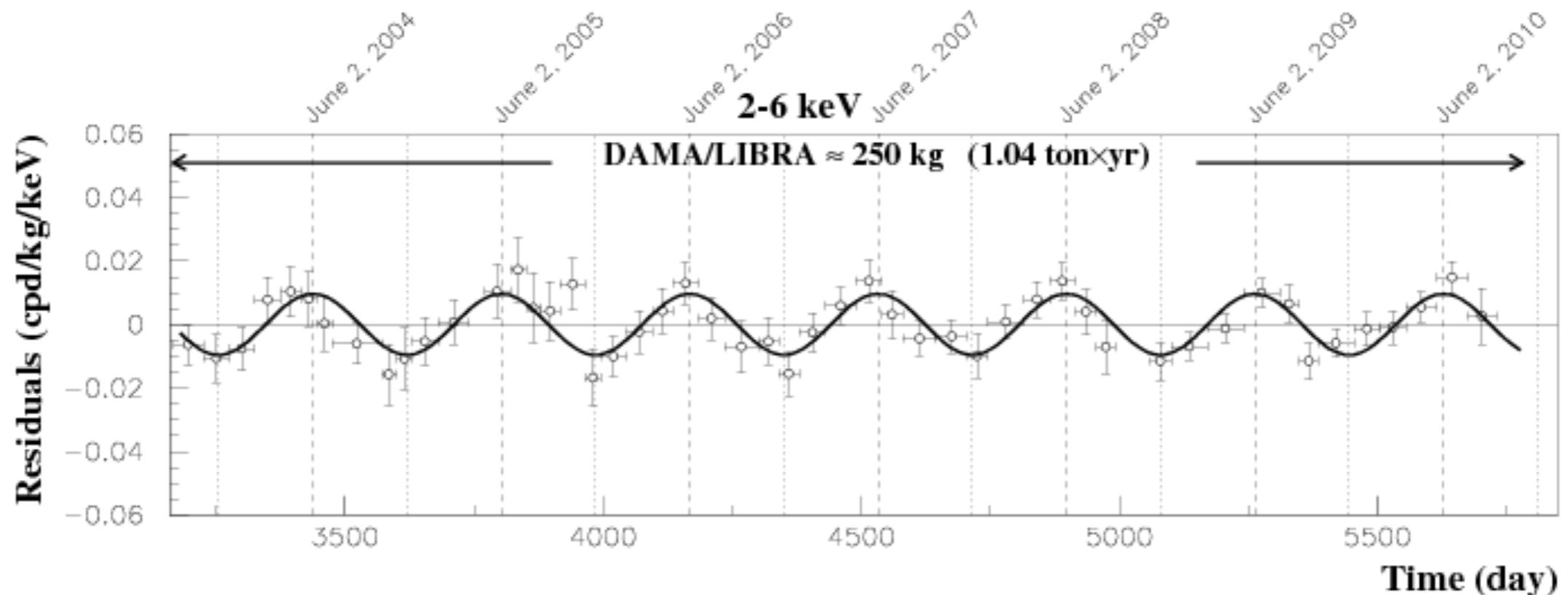


DAMA/LIBRA



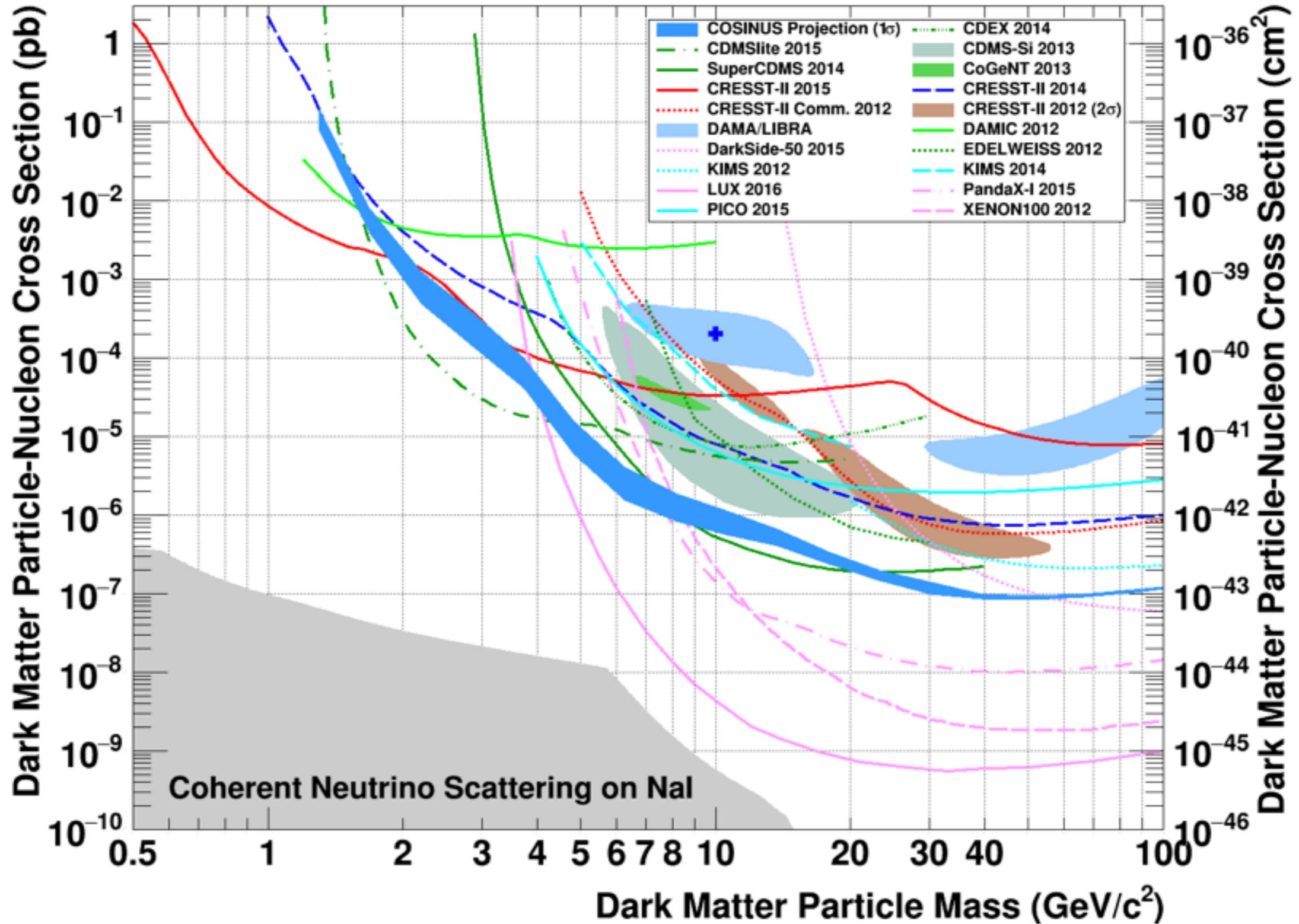
- * 250 kg di cristalli ultra-puri di NaI (Tl)
- * Rivelatore a singolo canale: luce di scintillazione
- * Resa di luce: 5/7.5 fotoni/keV (quenching)

- ☑ Periodo: 0.998 ± 0.002 anni
- ☑ Fase: 24th Maggio ± 7 giorni (picco coseno 2 Giugno)



La collaborazione DAMA/LIBRA osserva un segnale di **modulazione** annuale statisticamente molto robusto ($\sim 9 \sigma$) su 13 cicli annuali di presa dati.

DAMA ed il Resto del Mondo



Angloher et al., Eur. Phys. J. C (2016) 76:441

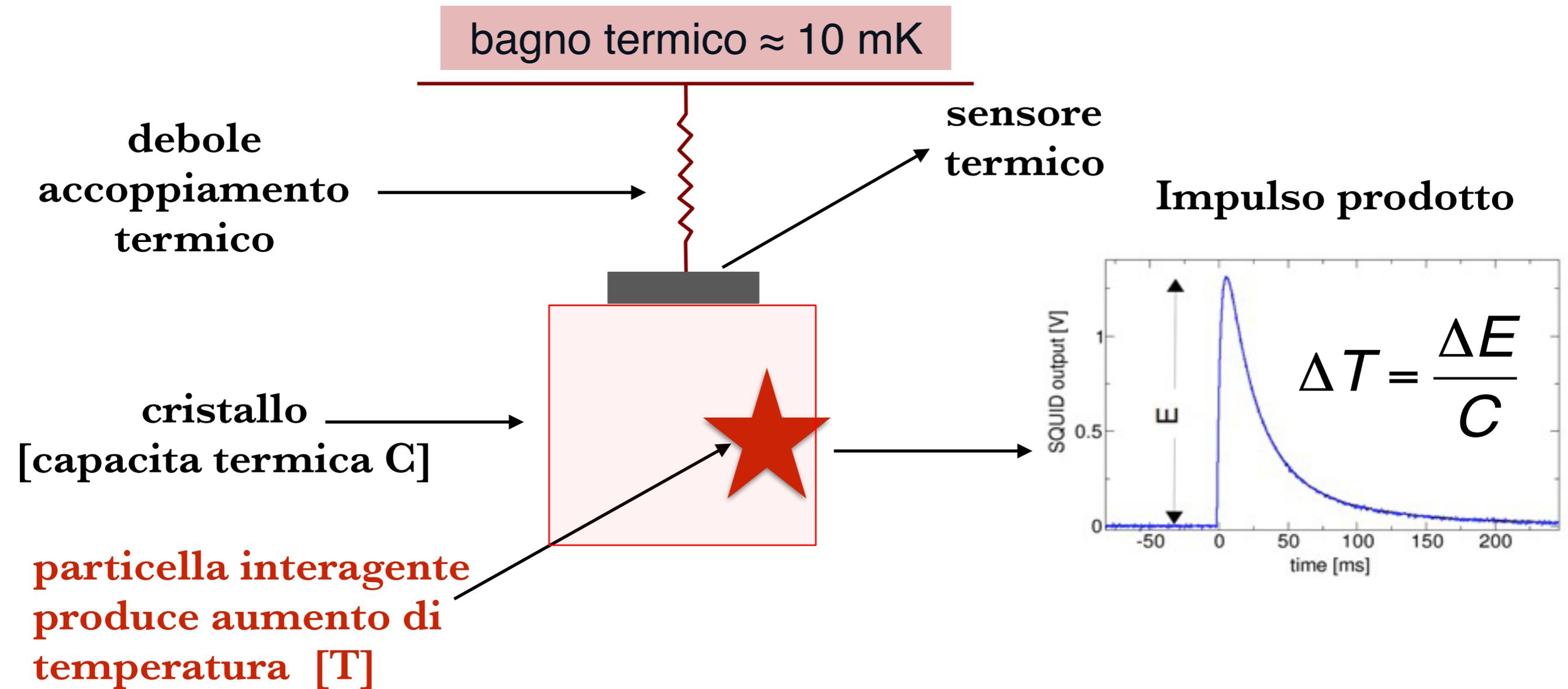
Calorimetri criogenici

$$\langle \Delta E^2 \rangle = k_b T^2 C$$

Fluttuazioni termiche
Irriducibili

COSA SERVE:

- Basse temperature (~ 10 mK)
- Bassa capacita termica



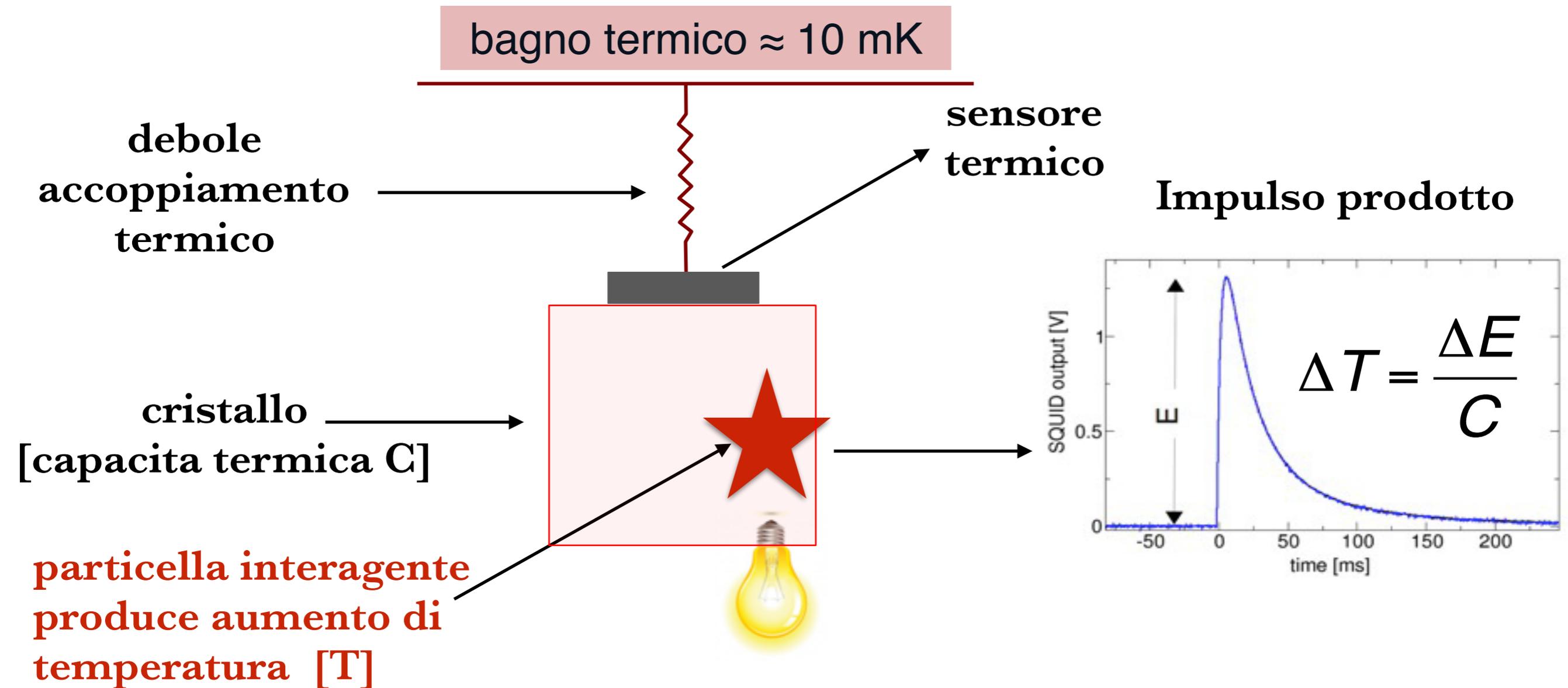
Calorimetri criogenici...scintillanti

$$\langle \Delta E^2 \rangle = k_b T^2 C$$

Fluttuazioni termiche
Irriducibili

COSA SERVE:

- **Basse temperature (~ 10 mK)**
- **Bassa capacita termica**



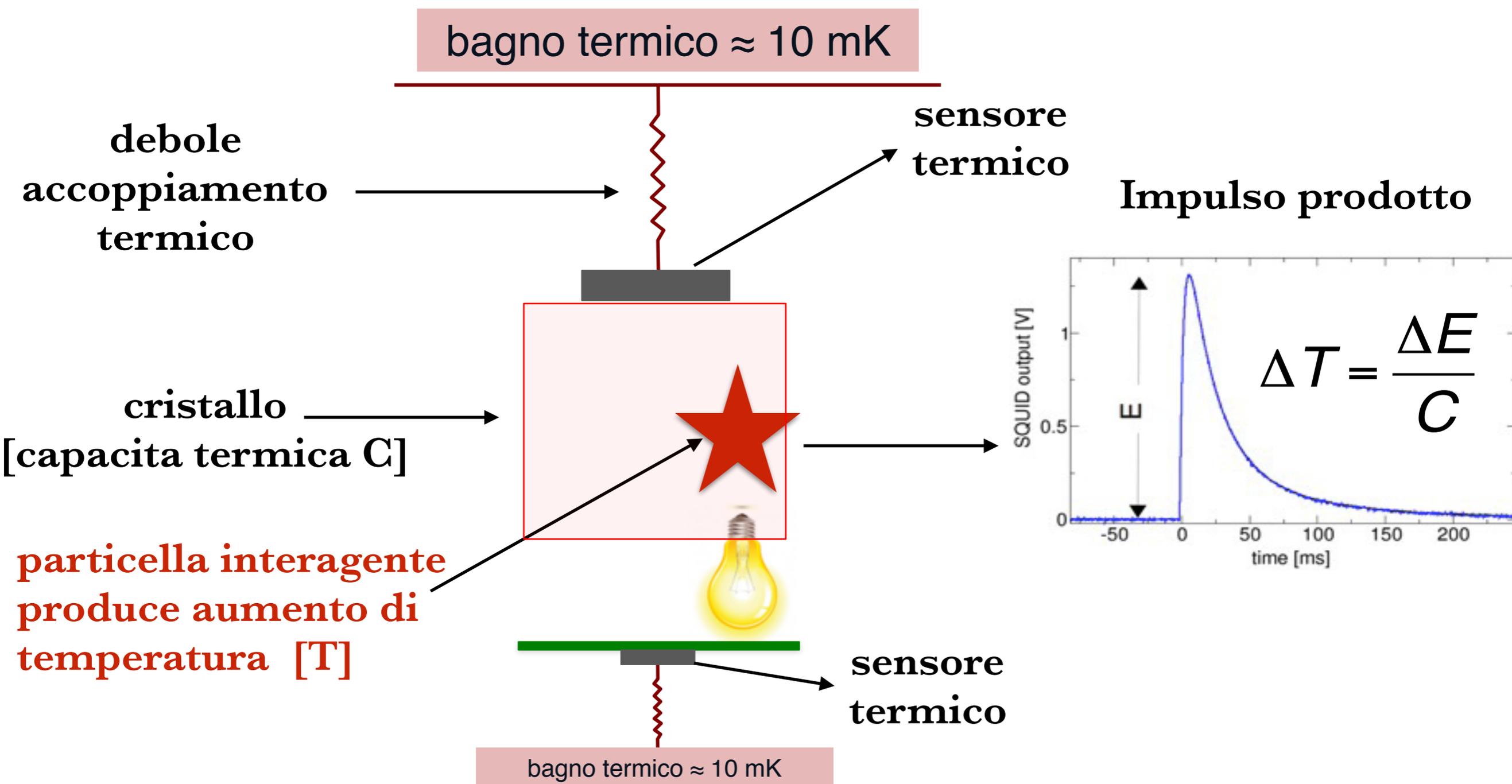
Calorimetri criogenici...scintillanti

$$\langle \Delta E^2 \rangle = k_b T^2 C$$

Fluttuazioni termiche
Irriducibili

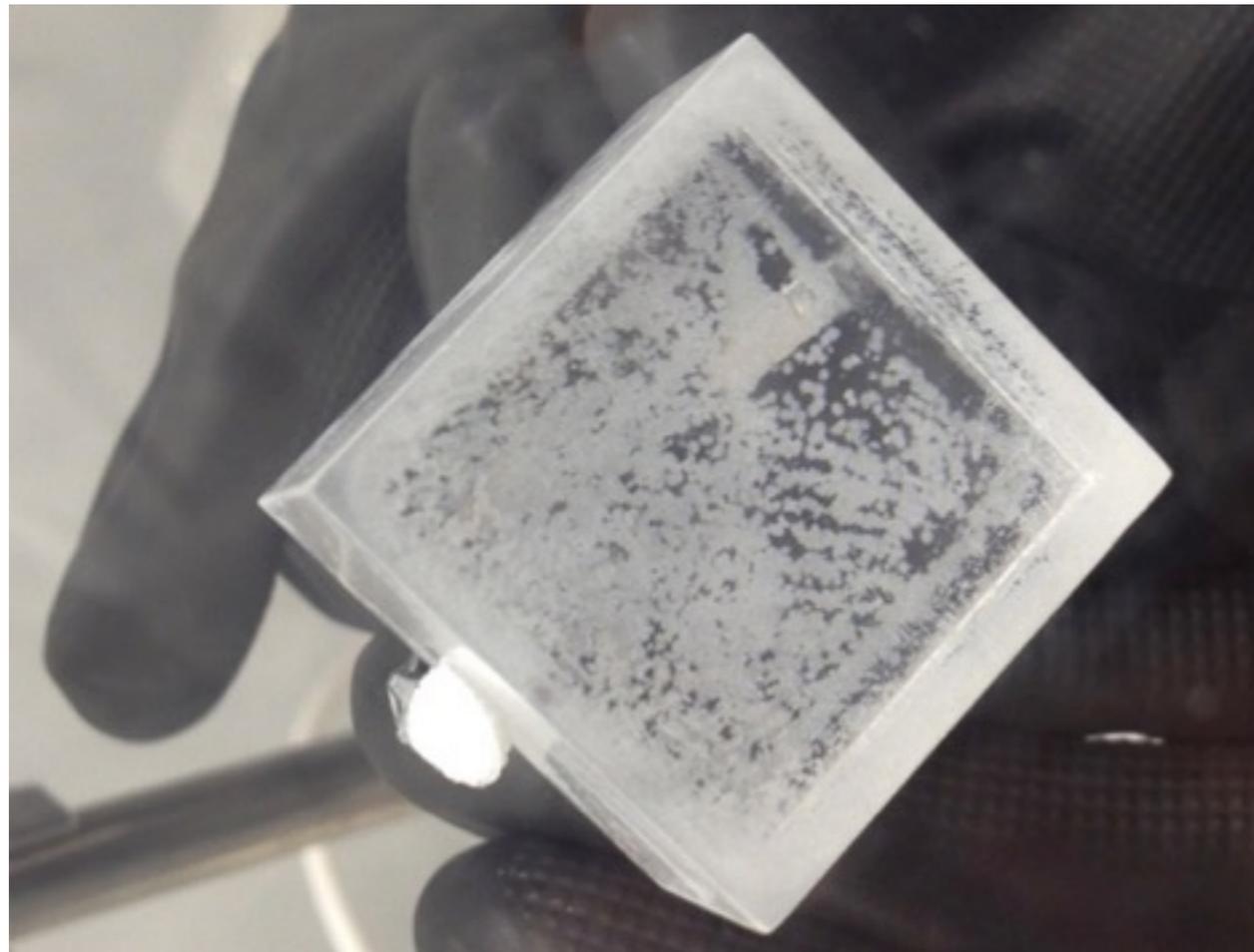
COSA SERVE:

- **Basse temperature (~ 10 mK)**
- **Bassa capacita termica**



Calorimetri criogenici scintillanti con NaI

Cristallo Igroscopico 🤔



CRITICITA':

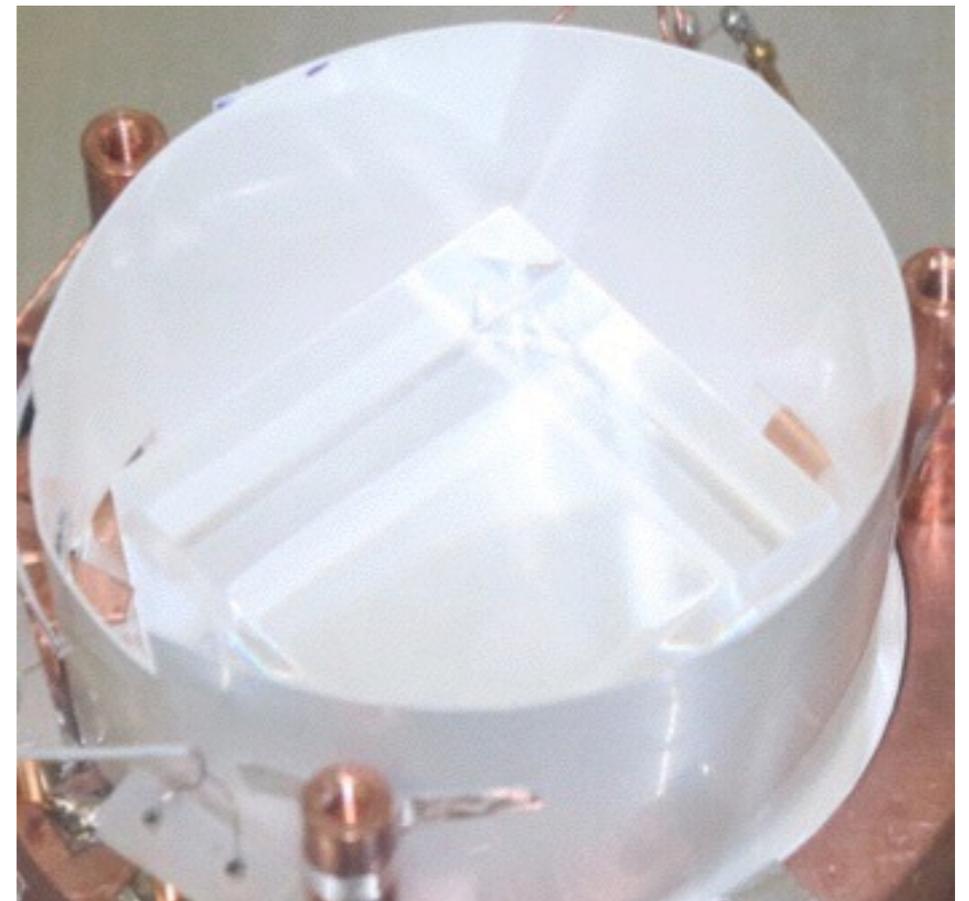
- **Assemblaggio in glove box (atmosfera di azoto)**
- **Accoppiamento cristallo-sensore non convenzionale**

COSINUS: calorimetri criogenici con NaI

Assorbitore:

● $^{11}\text{Na}^{53}\text{I}$ (non drogato)

● Massa 50 - 200 g

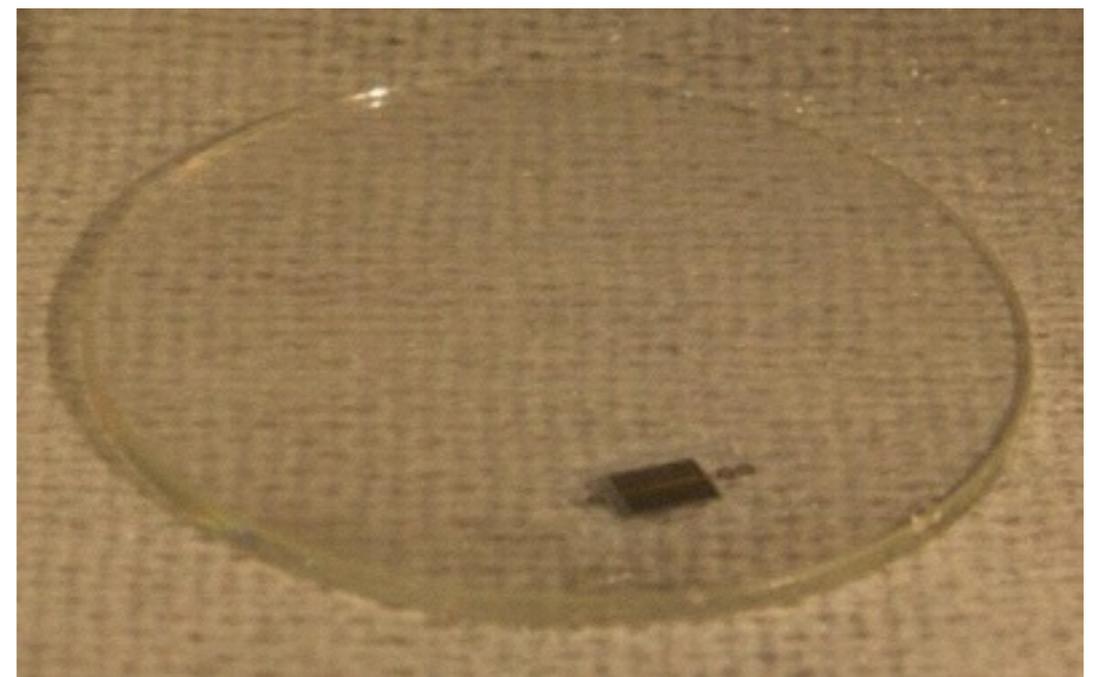
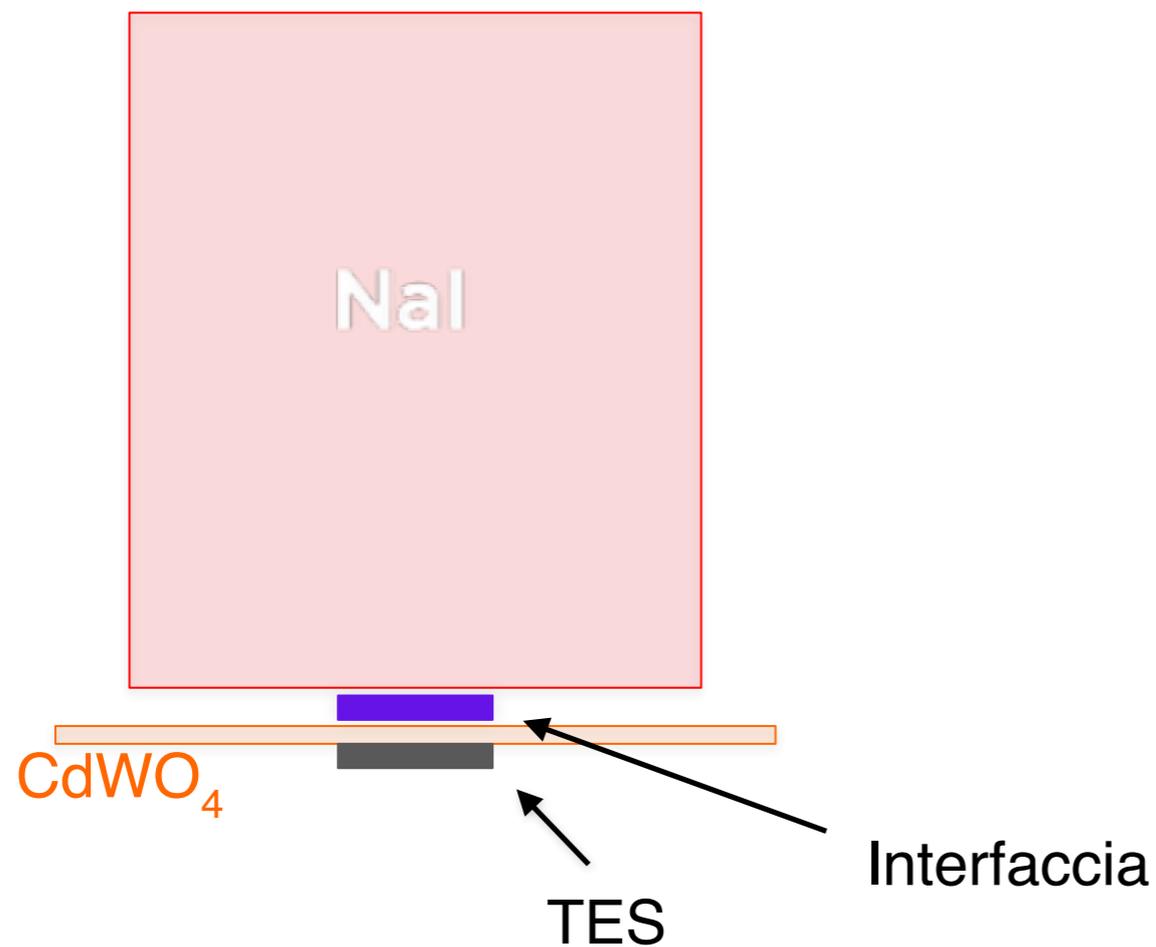


COSINUS: calorimetri criogenici con NaI

Strategia per non depositare direttamente il TES sullo NaI e “collezionare” i fononi in un *buon* *cristallo*.

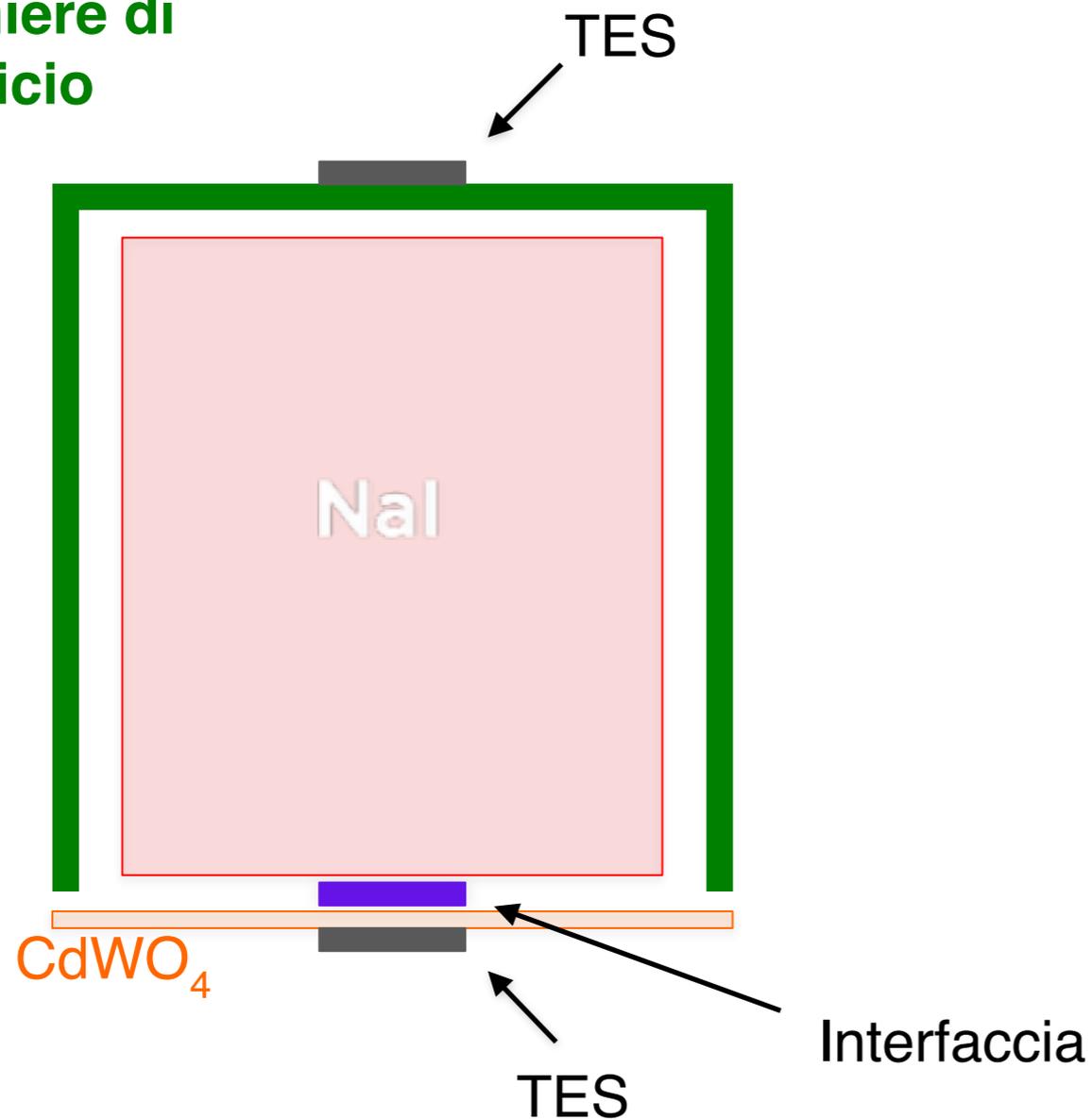
Carrier:

- CdWO_4
- Massa 13 g
- Interfaccia olio/colla



COSINUS: calorimetri criogenici con NaI

Bicchiere di silicio

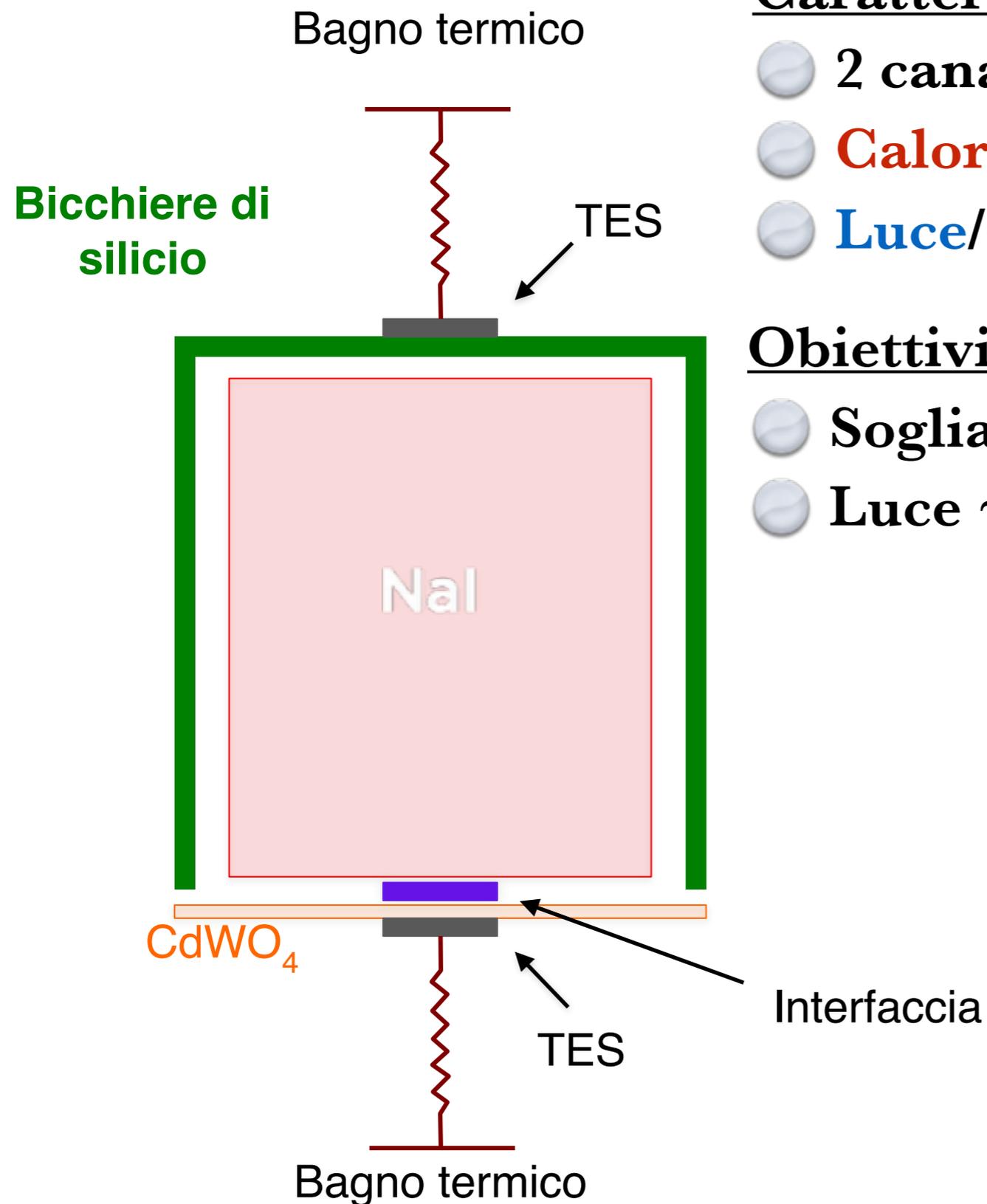


Assorbitore di Luce:

- Bicchiere Silicio \varnothing 40 mm
- Massimizza raccolta luce
- Veto attivo



COSINUS: calorimetri criogenici con NaI



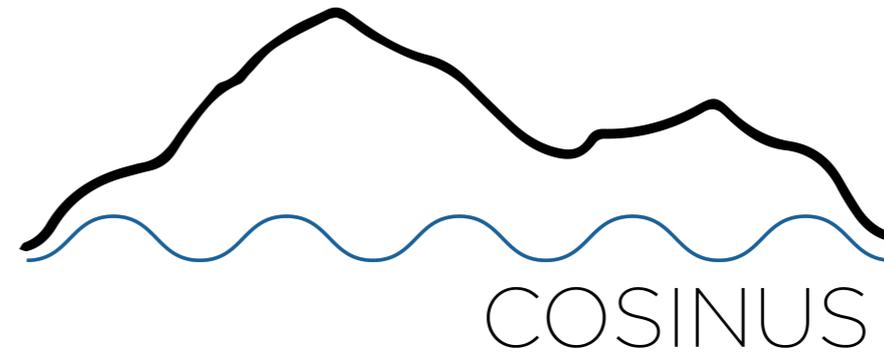
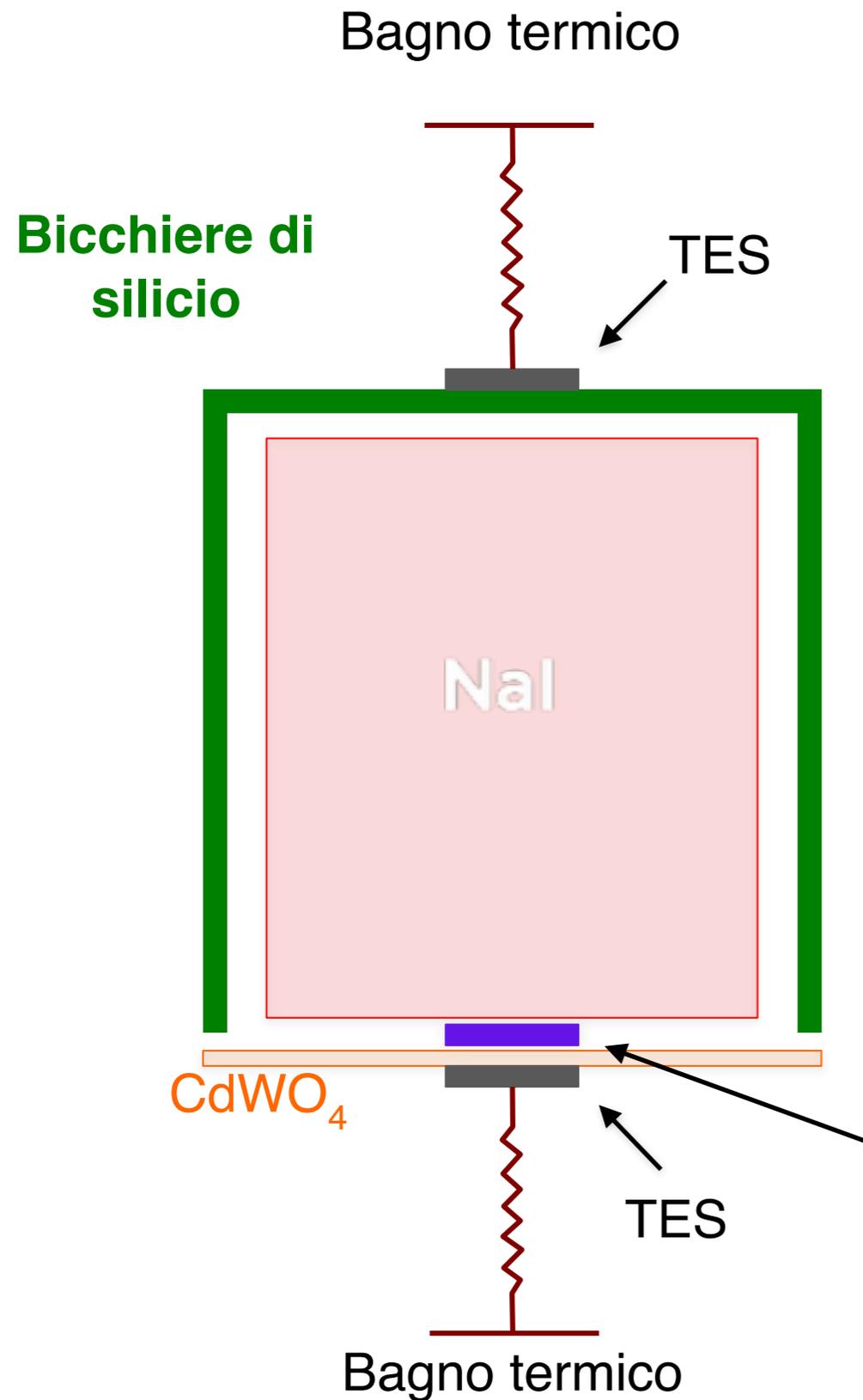
Caratteristiche detector:

- 2 canali indipendenti (**Luce** + **Calore**)
- **Calore** → **Energia Depositata**
- **Luce/Calore** → **Identificazione**

Obiettivi per il detector:

- Soglia per rinculi nucleari : 1 keV
- Luce ~ 4% dell'energia depositata

COSINUS: calorimetri criogenici con NaI



- R&D per sviluppo tecnologico
- Finanziato dalla CSN 5 dell'INFN
- 3 anni per lo sviluppo di un prototipo
- 2016 - 2018

Istituzioni coinvolte:



Simulazioni: cosa ci aspettiamo

Simulando il **segnale** misurato da **DAMA** + **fondo** di **potassio** misurato nei cristalli di DAMA + **fondo piatto** di 1 cont/keV kg day.

Simulazioni: cosa ci aspettiamo

Simulando il **segnale** misurato da **DAMA** + **fondo** di **potassio** misurato nei cristalli di DAMA + **fondo piatto** di 1 cont/keV kg day.

Assumendo:

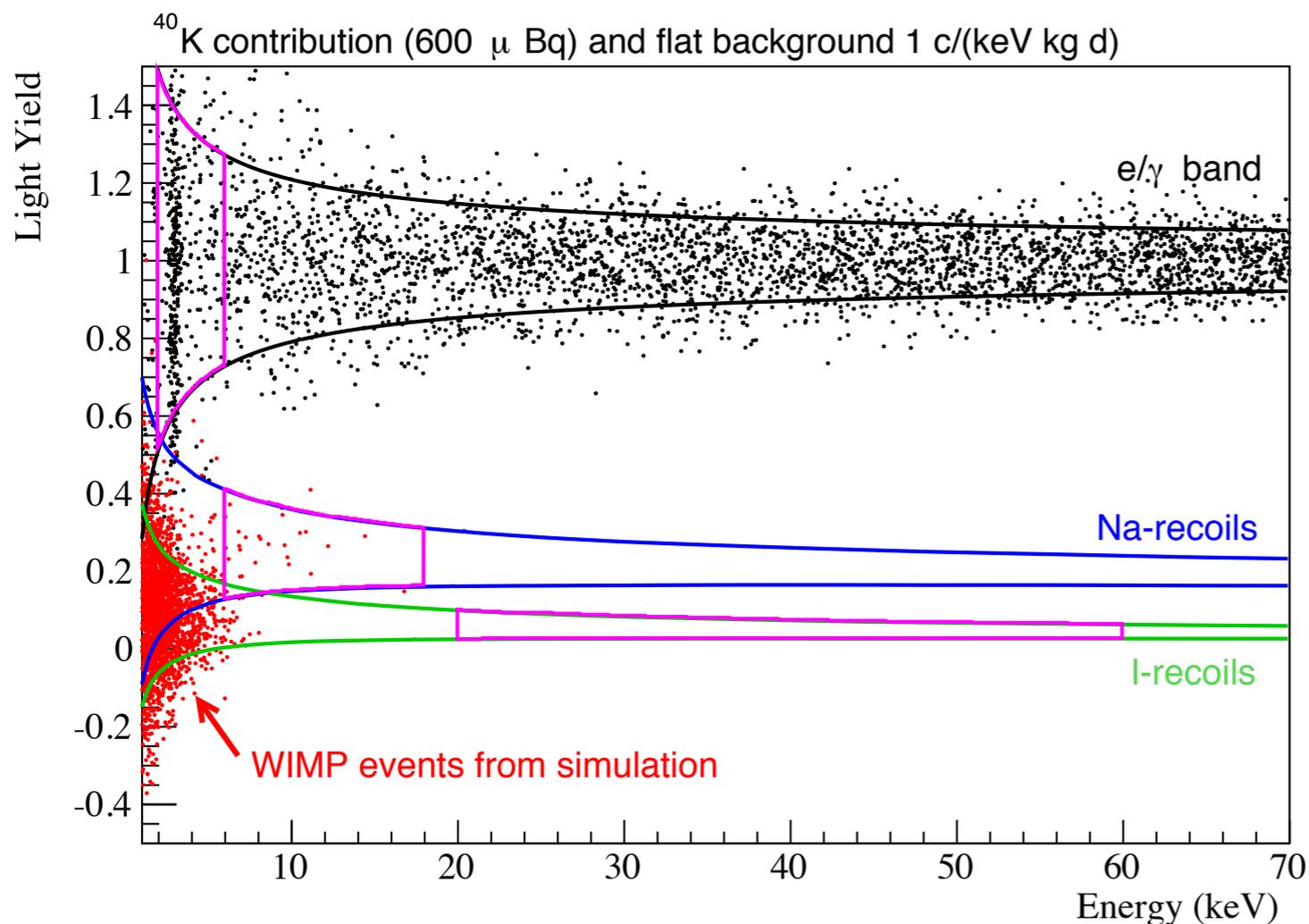
- Risoluzione NaI = 200 eV
- Soglia Energia = 1 keV
- Luce = 4% Energia depositata
- Risoluzione baseline LD = 10 eV
- Esposizione: 100 kg-days

Simulazioni: cosa ci aspettiamo

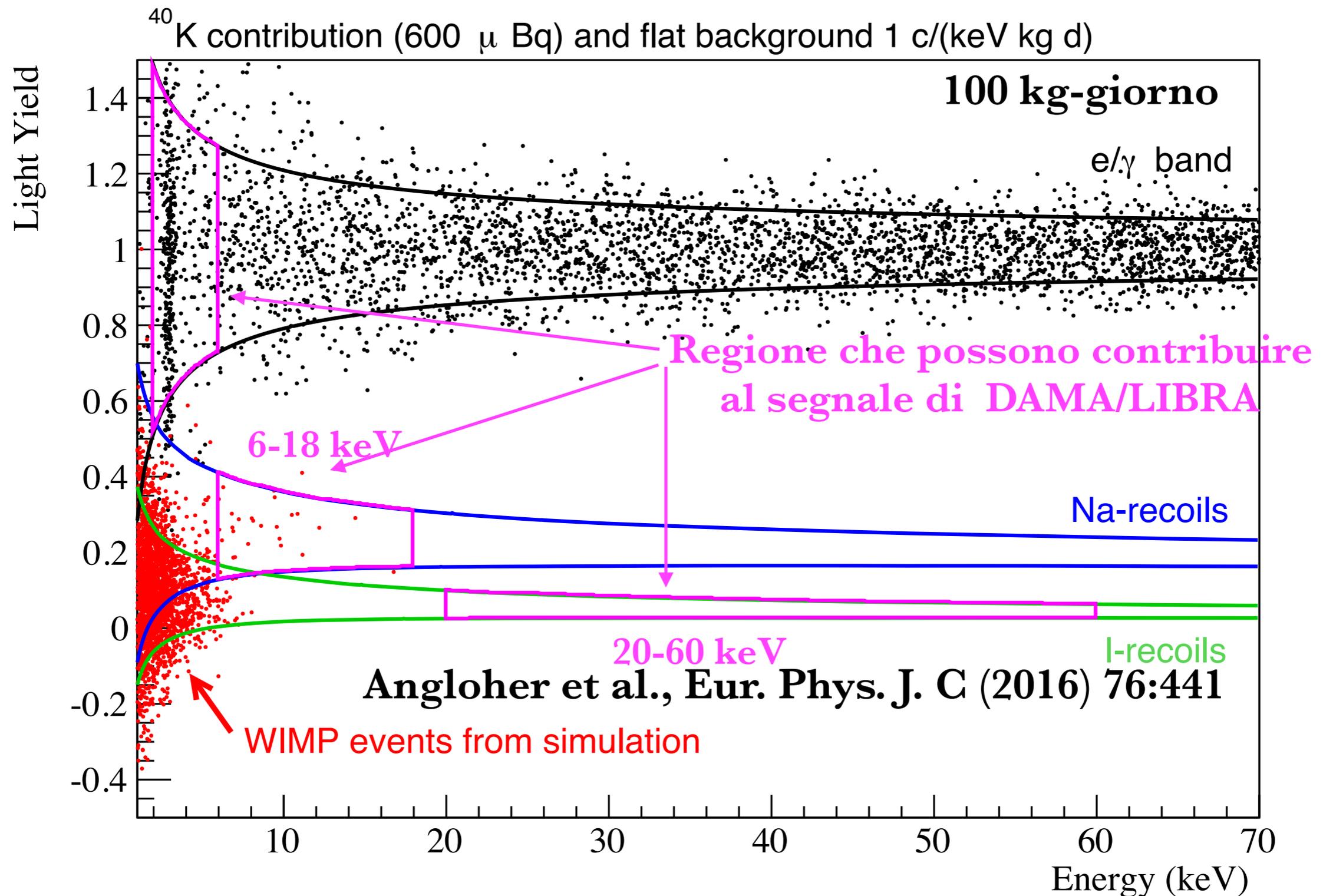
Simulando il **segnale** misurato da **DAMA** + **fondo** di **potassio** misurato nei cristalli di DAMA + **fondo piatto** di 1 cont/keV kg day.

Assumendo:

- Risoluzione NaI = 200 eV
- Soglia Energia = 1 keV
- Luce = 4% Energia depositata
- Risoluzione baseline LD = 10 eV
- Esposizione: 100 kg-days

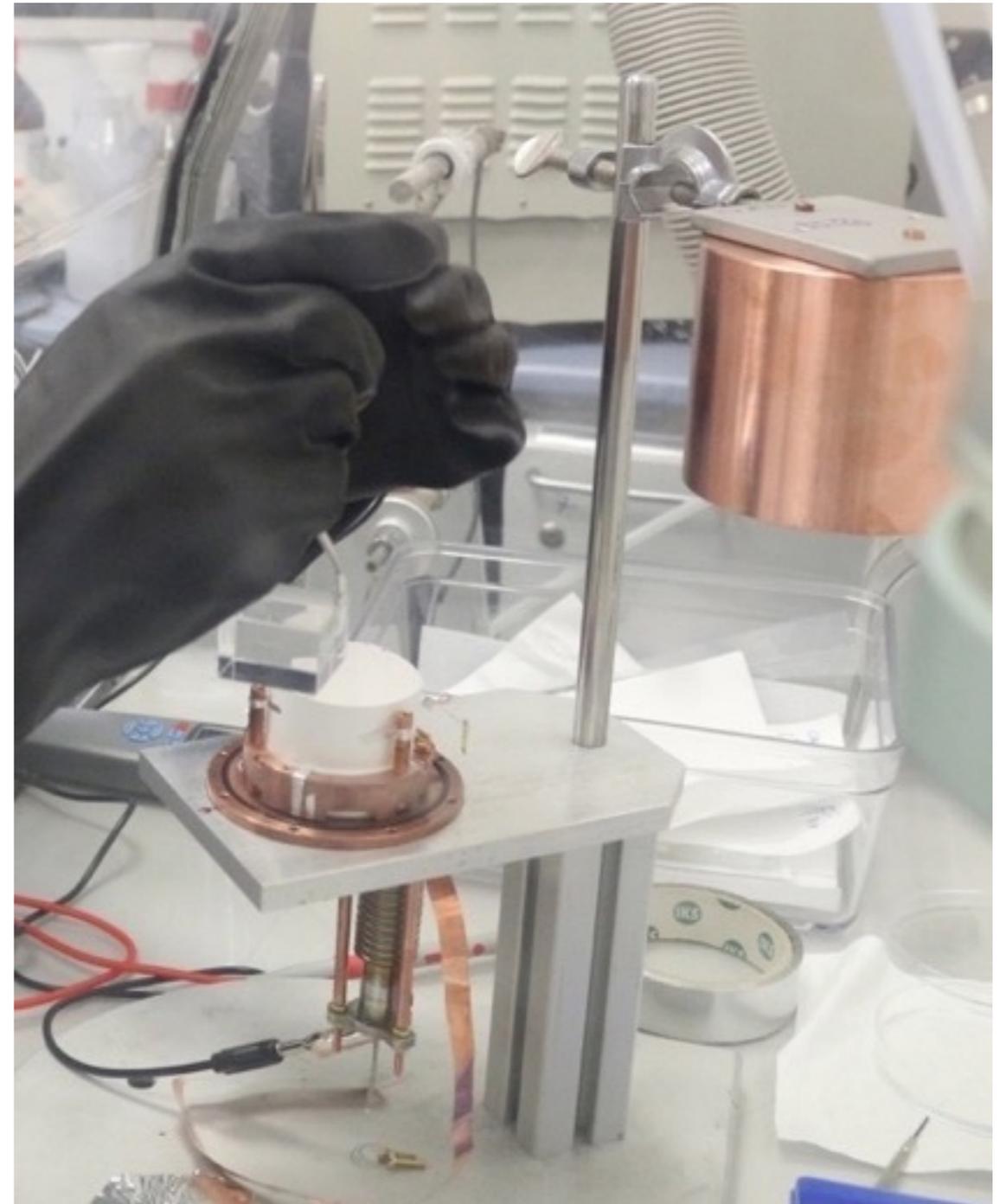
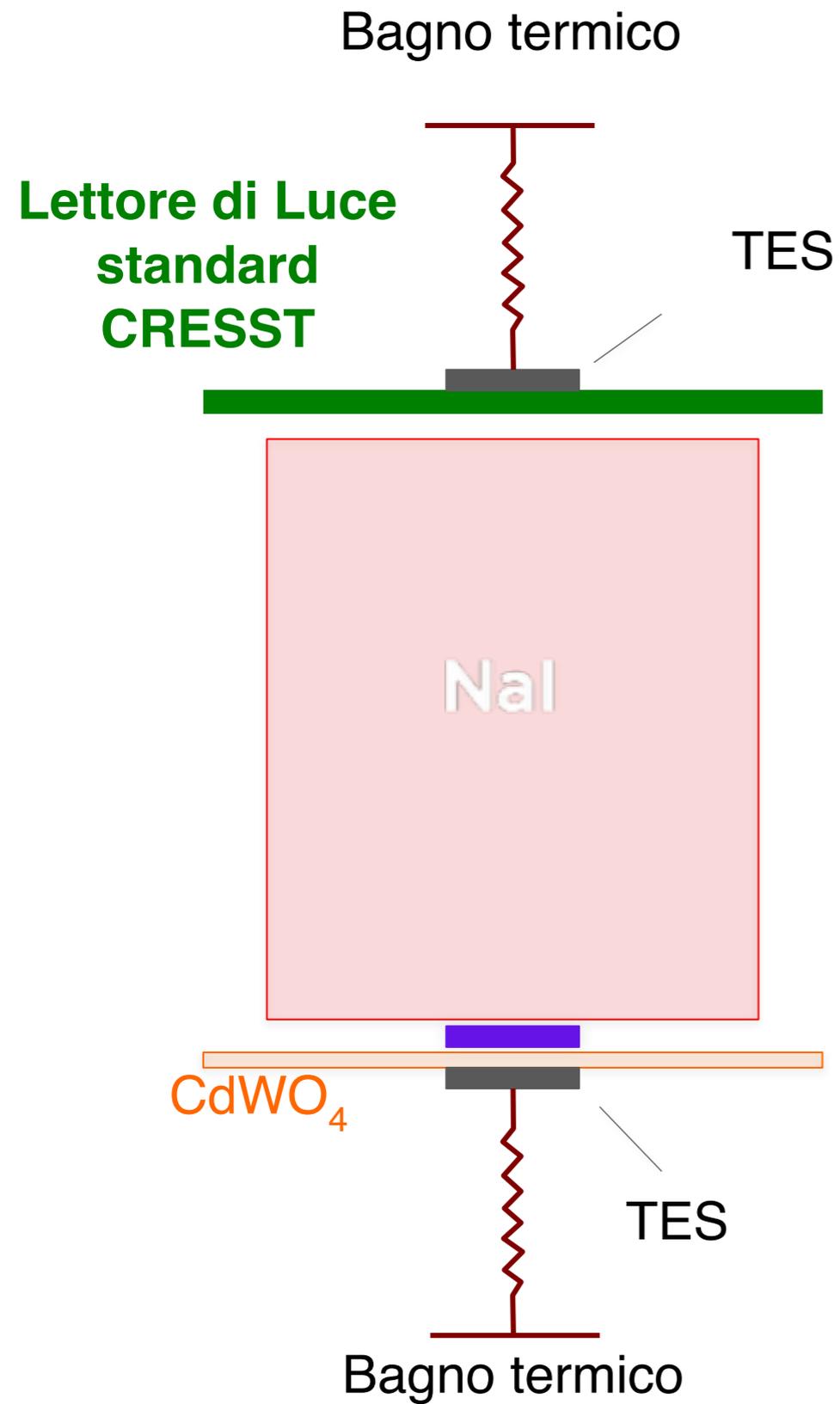


Simulazioni: cosa ci aspettiamo

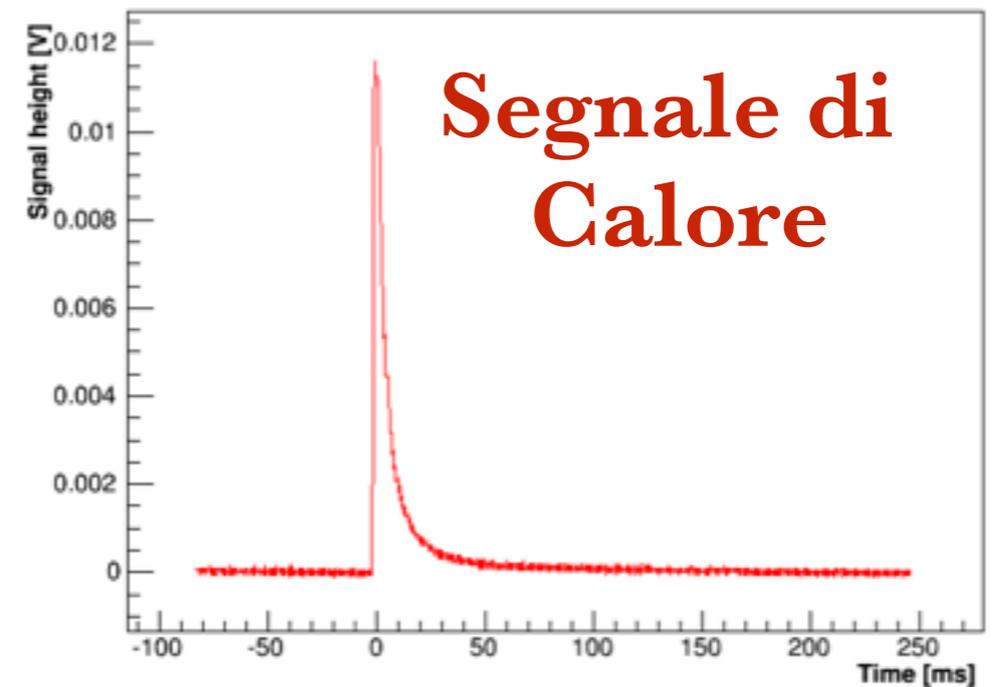
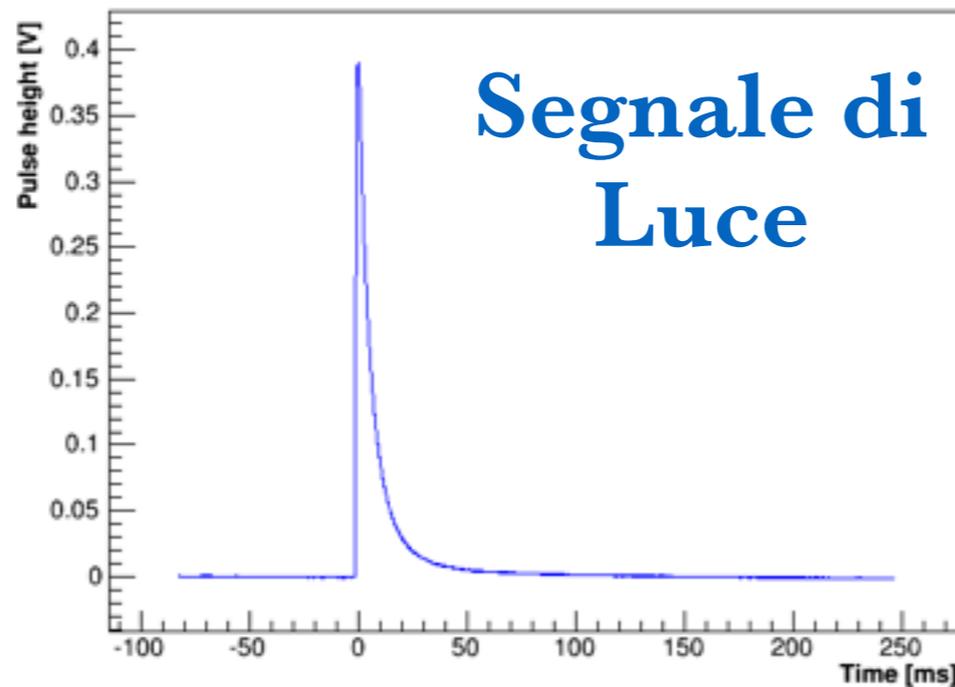


Grazie alla **bassa soglia** e alla **discriminazione del fondo** si potrà capire se il **segnale di DAMA** è dato da rinculi nucleari con una esposizione di **~ 10 kg-giorno**.

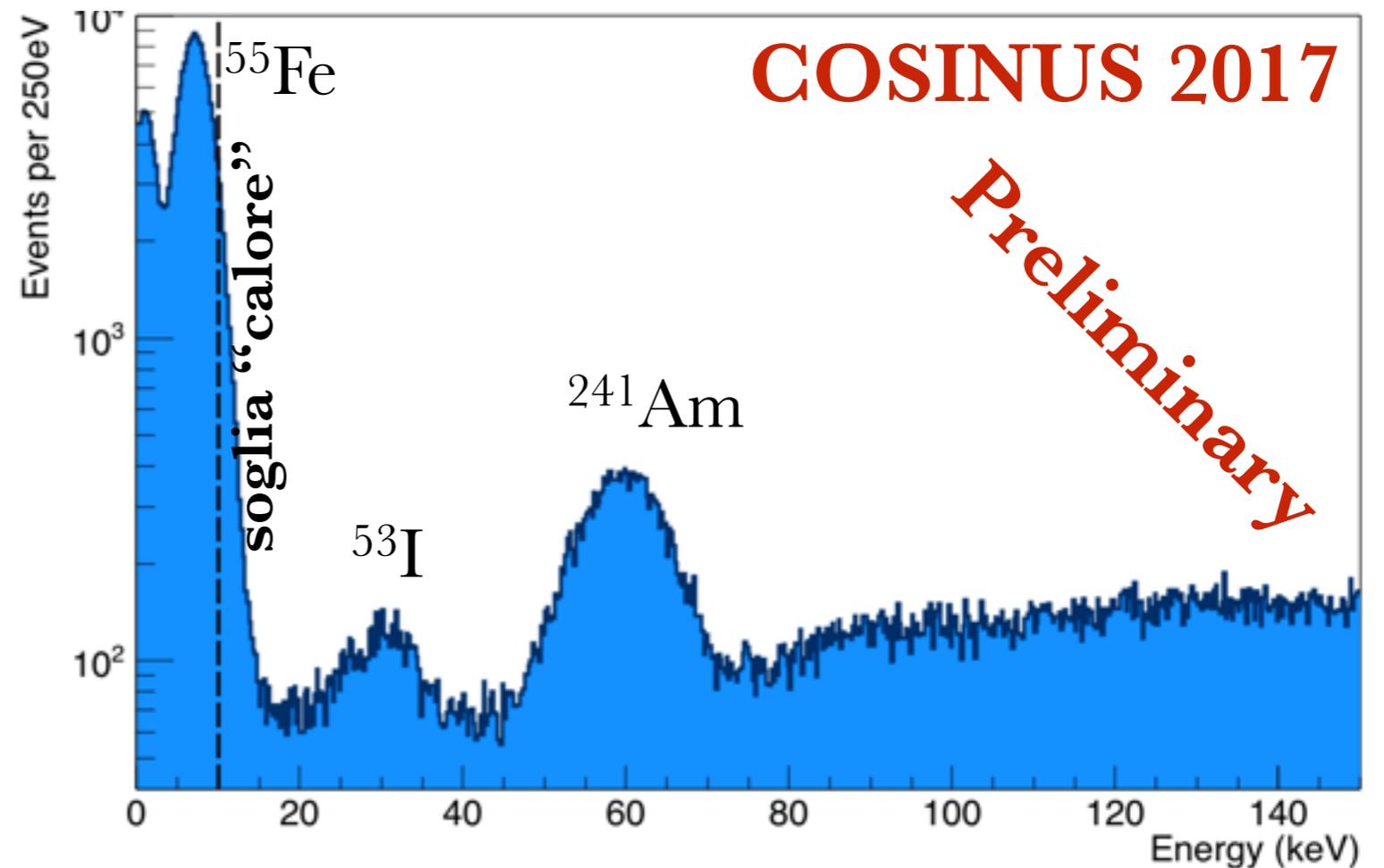
Primo prototipo: assemblaggio



Primo prototipo: risultati

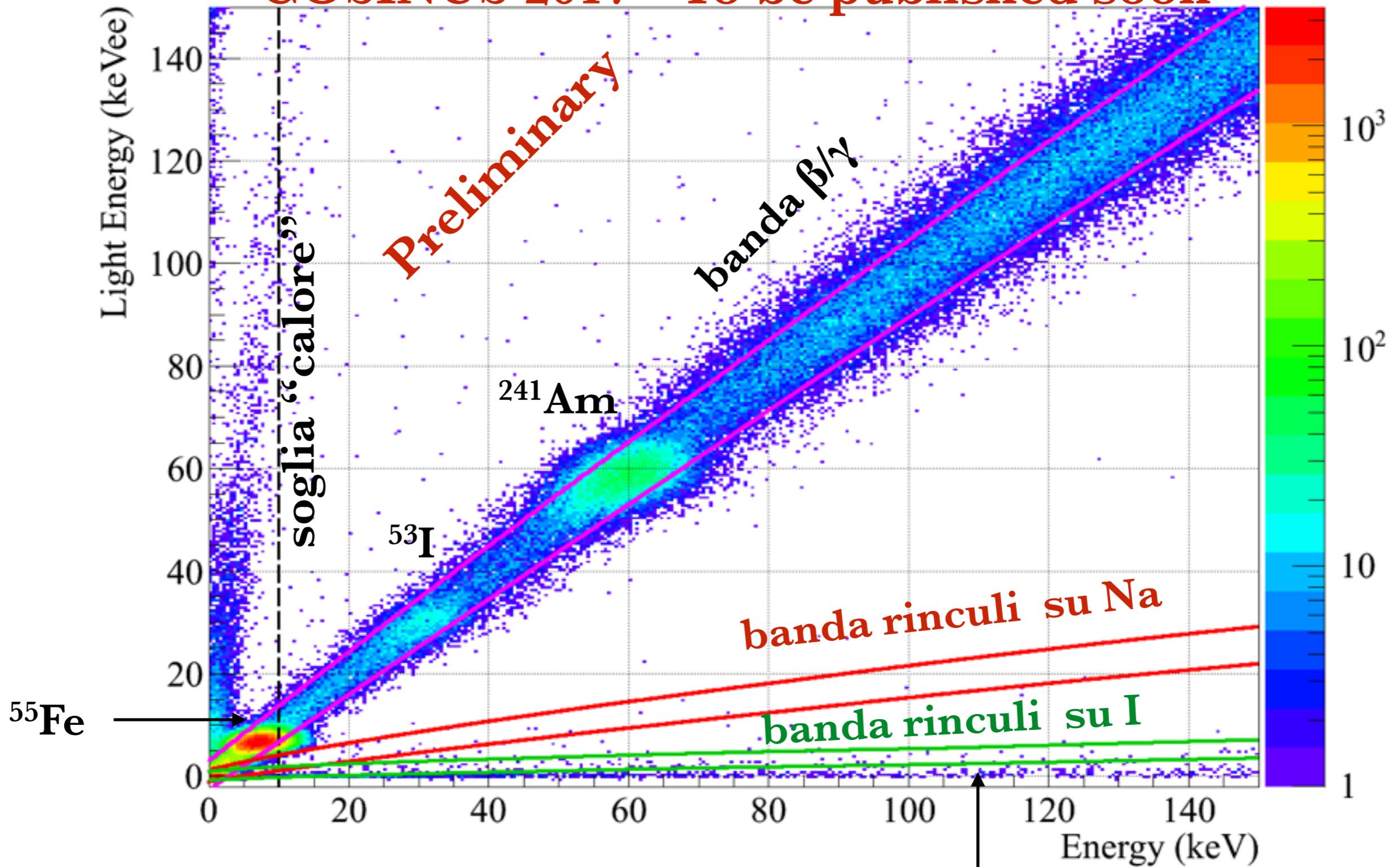


Impulsi acquisiti dal **lettore di luce** e dal **rivelatore NaI** a seguito dell'assorbimento di un gamma di 60 keV [^{241}Am].



Primo prototipo: risultati

COSINUS 2017 - To be published soon

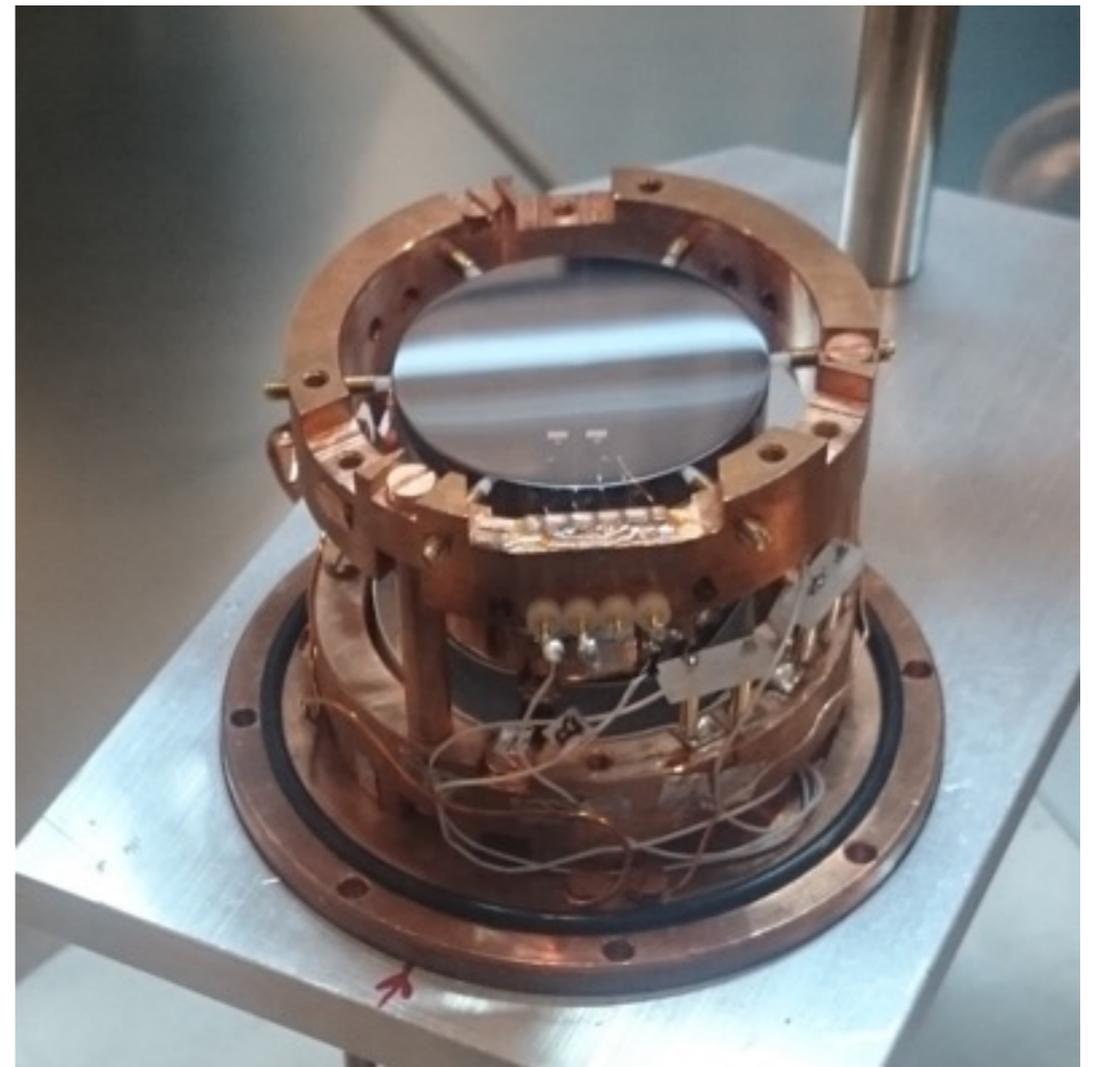
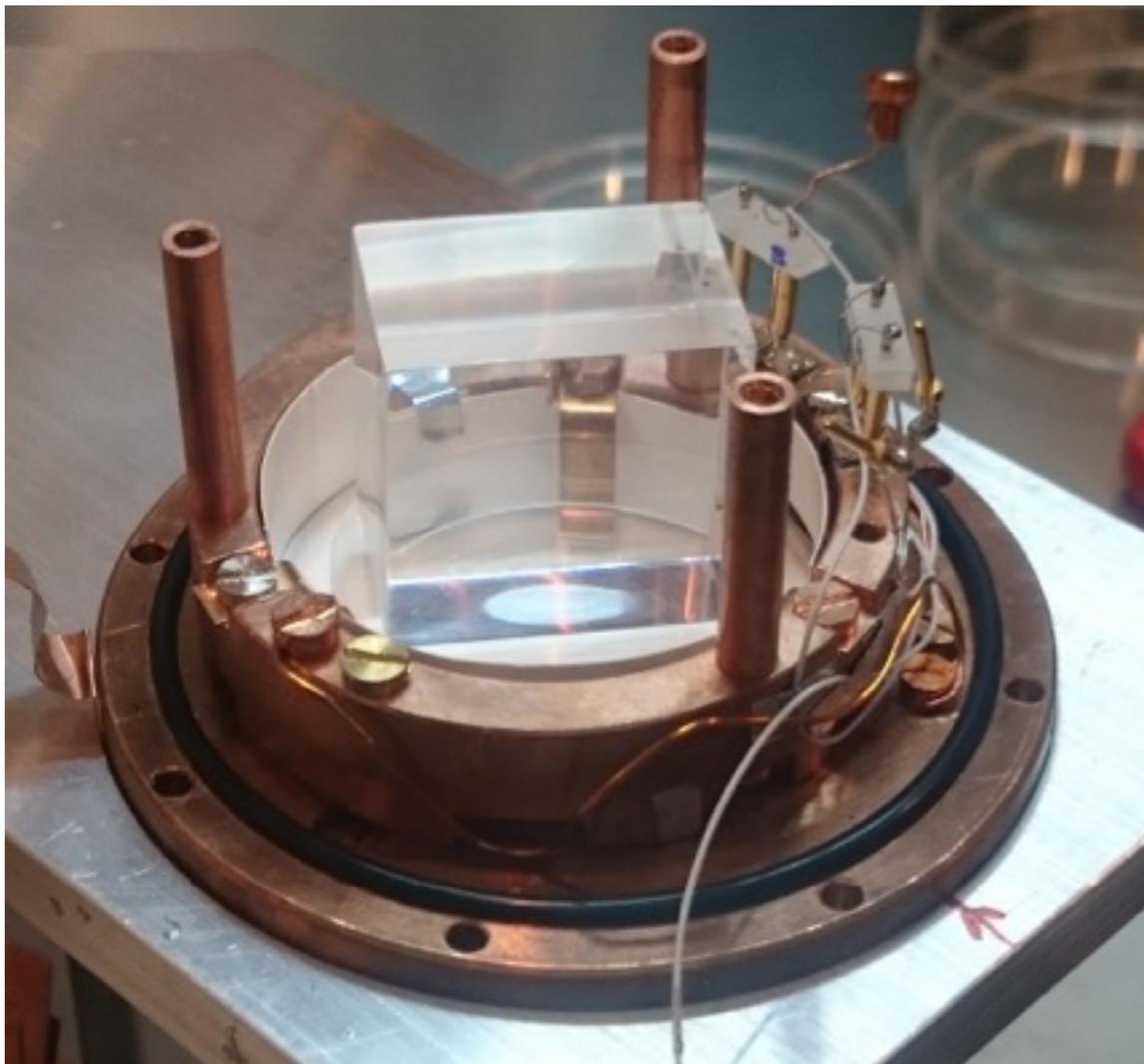


Secondo prototipo

Secondo test attualmente in corso presso i LNGS.

Nuovo assorbitore di luce a bicchiere in silicio.

Risultati pubblicati a breve.



CONCLUSIONI

- **COSINUS si propone di sviluppare il primo rivelatore basato sullo NaI con discriminazione delle particelle interagenti**
- **Il primo modulo è stato testato con successo ai LNGS, dimostrando che lo NaI può essere utilizzato come calorimetro criogenico scintillante.**

Prossimi passi

- **Dimostrare la discriminazione con calibrazione di neutroni**
- **Migliorare la soglia e la risoluzione dello NaI (nuovo TES, nuova interfaccia)**
- **Misura dei quenching factors (TUM neutron beam)**

Grazie alla **bassa soglia** e alla **discriminazione del fondo** si potrà capire se il **segnale di DAMA** è dato da rinculi nucleari con una esposizione di **~ 10 kg-giorno**.