



W I M P

WARP

A R G O N P R O G R A M M E

Wimp Argon Programme

La Collaborazione

R. Brunetti, E. Calligarich, M. Cambiaghi, C. De Vecchi, R. Dolfini,
L. Grandi, A. Menegolli, C. Montanari⁽⁺⁾, M. Prata, A. Rappoldi,
G.L. Raselli, M. Roncadelli, M. Rossella, C. Rubbia^{(x)(*)}, C. Vignoli

INFN e Università degli Studi di Pavia

F. Carbonara, A. Cocco, A. Ereditato, G. Fiorillo, G. Mangano,
R. Santorelli

INFN e Università degli Studi di Napoli

(x) Anche ENEA

(*) Spokesman

(+) Technical Coordinator

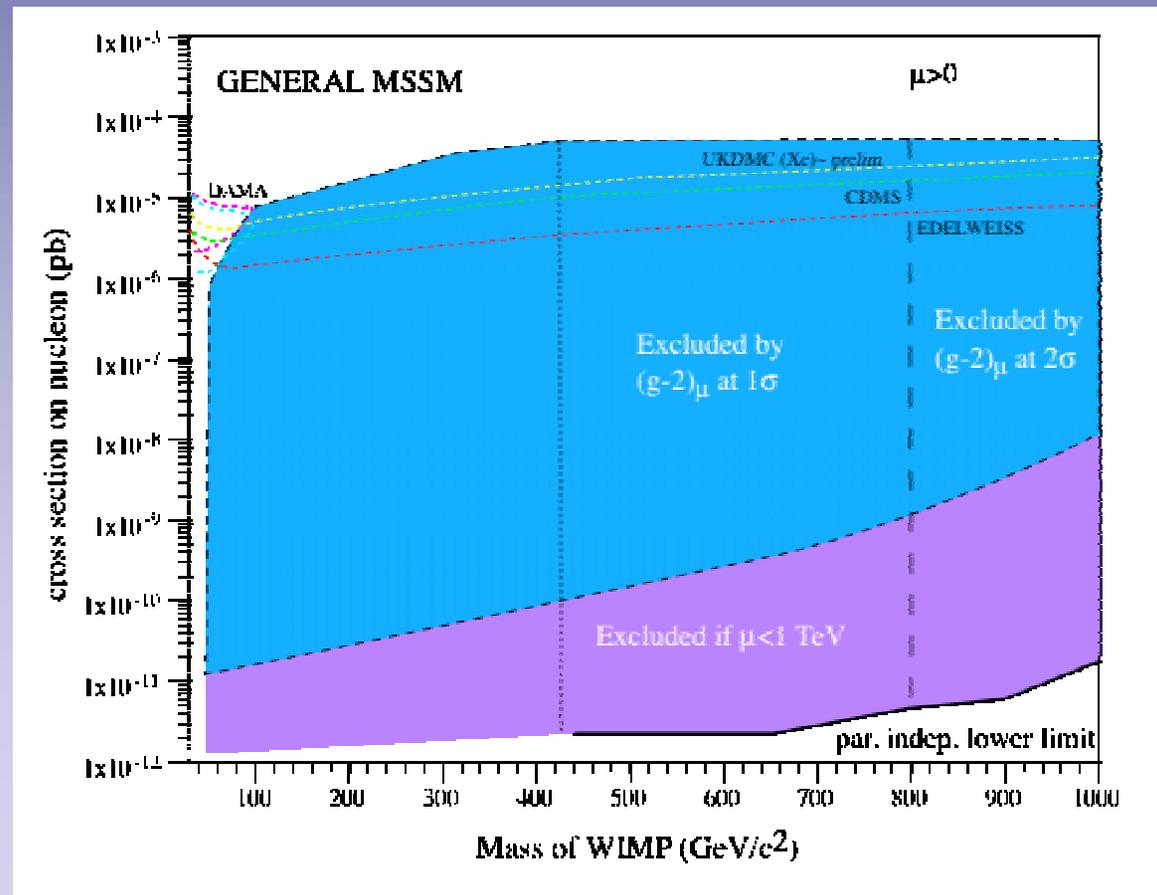
Materia Oscura? WIMP

➤ Il candidato principe per le WIMP è la LSP (lightest supersymmetric particle) che è prevista essere:

- o Stabile
- o Debolmente interagente con i nucleoni
- o Massiva

➤ La regione più favorita:

- $M_X = 40 \div 400 \text{ GeV}$
- $\sigma_{\text{nucleon-X}} = 10^{-6} \text{ pB} \div 10^{-11} \text{ pB}$



Materia Oscura? WIMP

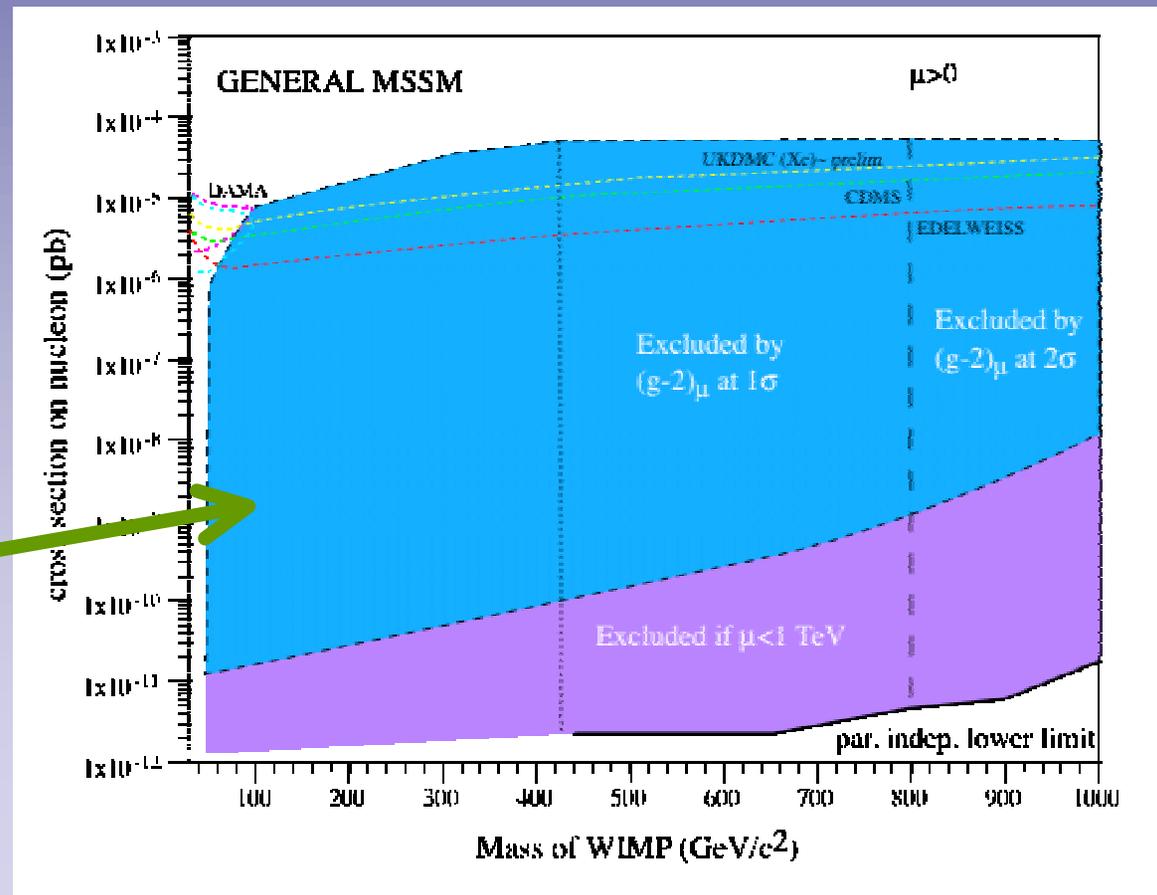
➤ Il candidato principe per le WIMP è la LSP (lightest supersymmetric particle) che è prevista essere:

- o Stabile
- o Debolmente interagente con i nucleoni
- o Massiva

➤ La regione più favorita:

➤ $M_X = 40 \div 400 \text{ GeV}$
 $\sigma_{\text{nucleon-X}} = 10^{-6} \text{ pB} \div 10^{-11} \text{ pB}$

Molto esteso il range teoricamente ammissibile per la sezione d'urto su nucleone



Rivelazione di WIMP

Interazione elastica coi nuclei di una targhetta. Lo spettro di rinculo dei nuclei è scrivibile come:

$$dR/dE_r = (dR/dE_r)_{ideal} \times [S(E_r) \times F^2(q^2) \times I]$$

➤ fattore dipendente dallo spin
L'energia dei rinculi è tipicamente compresa nel range 0÷100keV. La soglia energetica gioca un ruolo fondamentale. Per targhette con elevato A i rinculi energetici sono fortemente soppressi. Questo effetto, per le tipiche soglie di rivelazione, tende ad annullare l'incremento di rate dovuto all'effetto di coerenza ($\sigma \approx A^2$).

Rivelazione di WIMP

Interazione elastica coi nuclei di una targhetta. Lo spettro di rinculo dei nuclei è scrivibile come:

$$dR/dE_r = (dR/dE_r)_{\text{ideal}} \times [S(E_r) \times F^2(q^2) \times I]$$

- Spettro previsto assumendo una distribuzione maxwelliana delle WIMP solidale con il centro galattico
- rivelatore in movimento rispetto al centro galattico
- fattore di forma nucleare
- fattore dipendente dallo spin

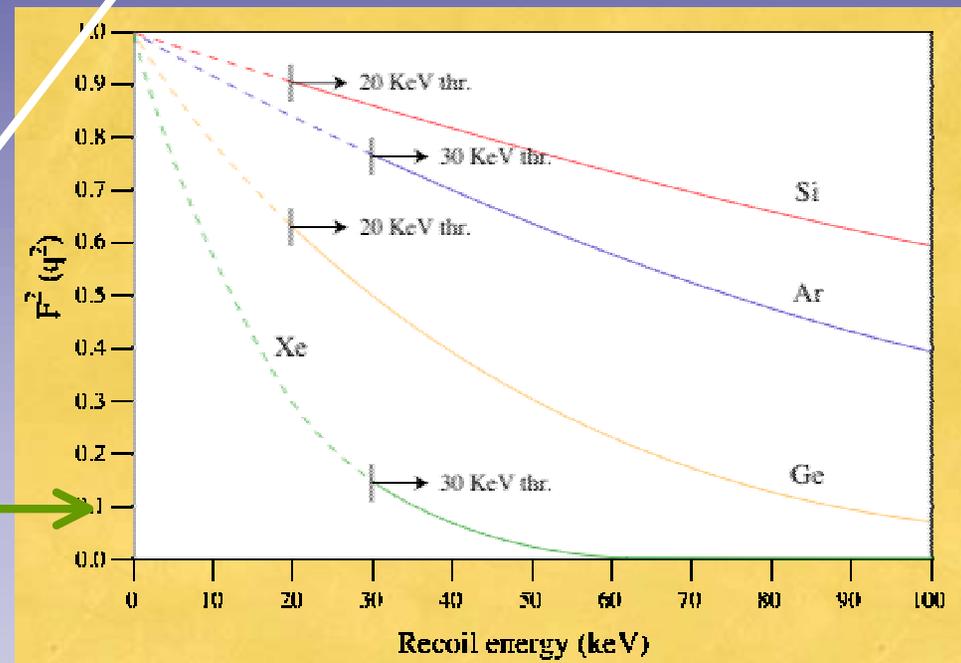
L'energia dei rinculi è tipicamente compresa nel range 0÷100keV. La soglia energetica gioca un ruolo fondamentale. Per targhette con elevato A i rinculi energetici sono fortemente soppressi. Questo effetto, per le tipiche soglie di rivelazione, tende ad annullare l'incremento di rate dovuto all'effetto di coerenza ($\sigma \approx A^2$).

Rivelazione di WIMP

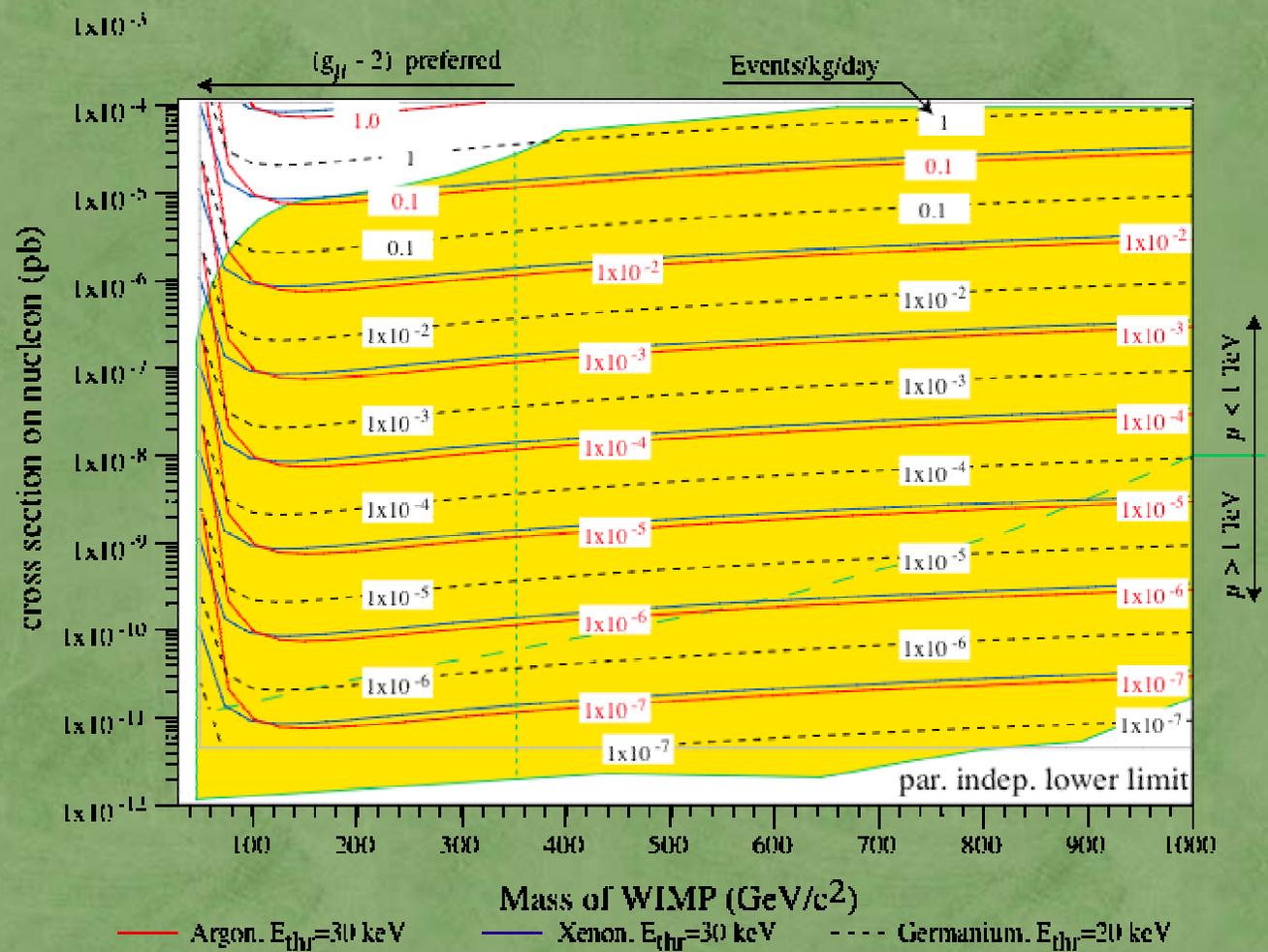
Interazione elastica coi nuclei di una targhetta. Lo spettro di rinculo dei nuclei è scrivibile come:

$$dR/dE_r = (dR/dE_r)_{\text{ideal}} \times [S(E_r) \times F^2(q^2) \times I]$$

- Spettro previsto assumendo una distribuzione maxwelliana delle WIMP solidale con il centro galattico
- rivelatore in movimento rispetto al centro galattico
- fattore di forma nucleare
- fattore dipendente dallo spin



L'energia dei rinculi è tipicamente compresa nel range 0÷100keV. La soglia energetica gioca un ruolo fondamentale. Per targhette con elevato A i rinculi energetici sono fortemente soppressi. Questo effetto, per le tipiche soglie di rivelazione, tende ad annullare l'incremento di rate dovuto all'effetto di coerenza ($\sigma \approx A^2$).



- Iso-event rate curve per varie targhette Argon (30keV), Xenon (30keV) e Germanio (20keV). Le performance di Ar e Xe sono confrontabili.

La tecnica ideale deve essere in grado, in linea di principio, di estendere il range di misura a tutta la regione permessa nello spazio dei parametri ($1 \div 10^{-6}$ eventi/day/kg): ELEVATA SENSIBILITÀ ; POSSIBILITÀ DI ESTENSIONE FINO A MASSE DELL'ORDINE DEL KTON.

I rivelatori di WIMP di seconda generazione devono essere caratterizzati da EFFICIENTE TECNICA DI DISCRIMINAZIONE del fondo.



I rivelatori di WIMP di seconda generazione devono essere caratterizzati da EFFICIENTE TECNICA DI DISCRIMINAZIONE del fondo.



- La TECNOLOGIA dell'Argon fornisce entrambe le caratteristiche
- Rivelatori di **GRANDI MASSE** (600 ton) sono già stati realizzati dalla collaborazione ICARUS (supporto industriale, purificazione, ...);
- La **RIVELAZIONE** contemporanea dell'**ECCITAZIONE** e della **IONIZZAZIONE** prodotti dall'interazione del mezzo con una particella fornisce una discriminazione molto efficiente dei rinculi nucleari rispetto al dominante fondo gamma.

I rivelatori di WIMP di seconda generazione devono essere caratterizzati da EFFICIENTE TECNICA DI DISCRIMINAZIONE del fondo.

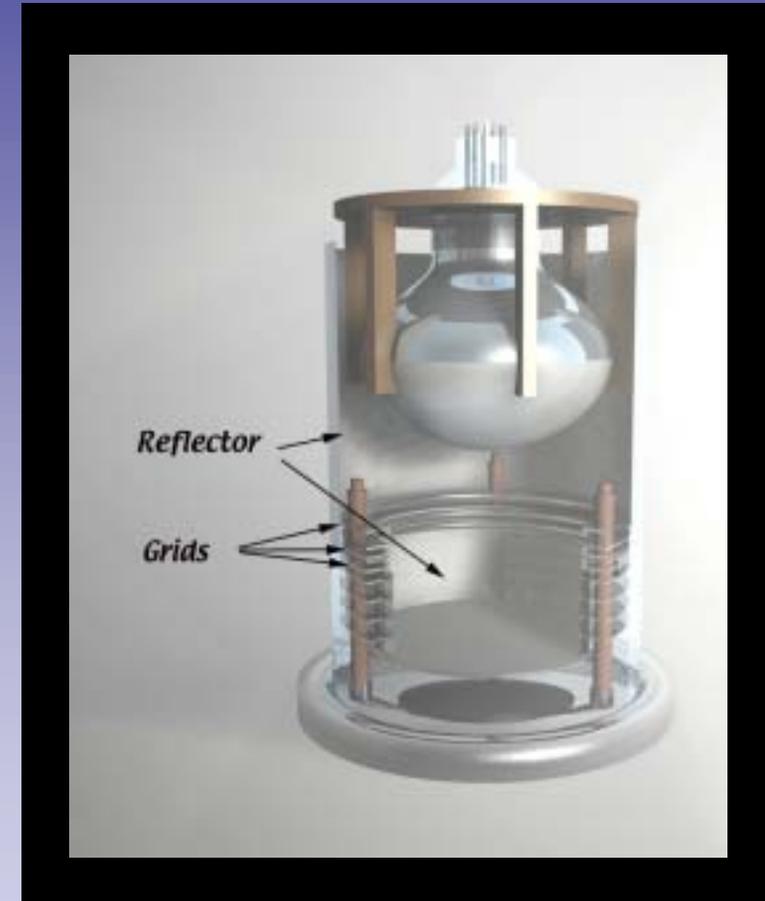


- La TECNOLOGIA dell'Argon fornisce entrambe le caratteristiche
- Rivelatori di **GRANDI MASSE** (600 ton) sono già stati realizzati dalla collaborazione ICARUS (supporto industriale, purificazione, ...);
- La **RIVELAZIONE** contemporanea dell'**ECCITAZIONE** e della **IONIZZAZIONE** prodotti dall'interazione del mezzo con una particella fornisce una discriminazione molto efficiente dei rinculi nucleari rispetto al dominante fondo gamma.

WARP

Rivelatore bifasico ad argon

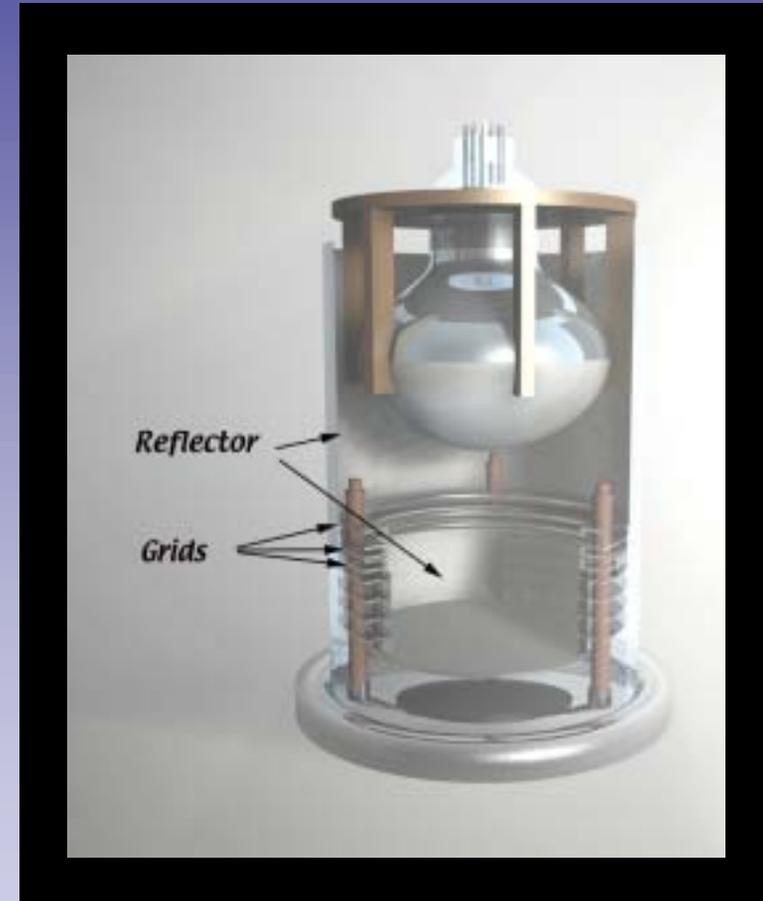
Camera bifasica di test (2.3 litri)



Configurazione I

Camera bifasica di test (2.3 litri)

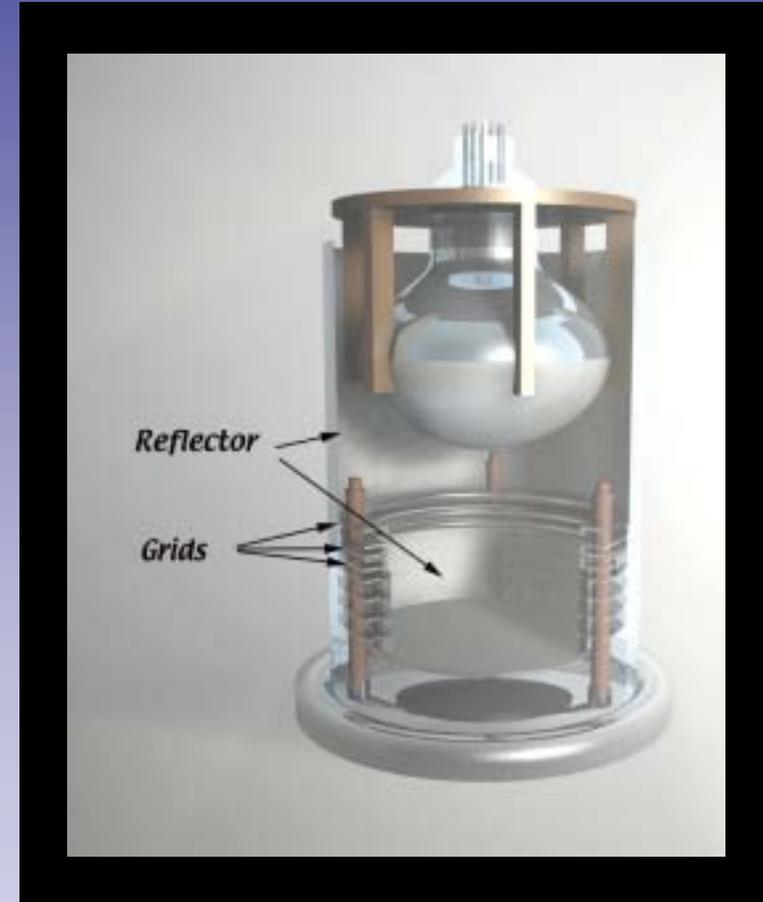
- La **scintillazione primaria**, prodotta dall'interazione di una particella con i nuclei dell'argon (nella fase liquida), è **misurata direttamente da un PMT (S1)**. Essa è il risultato della diseccitazione degli atomi eccitati e della ricombinazione degli elettroni di ionizzazione non sono drifattati dal campo elettrico;



Configurazione I

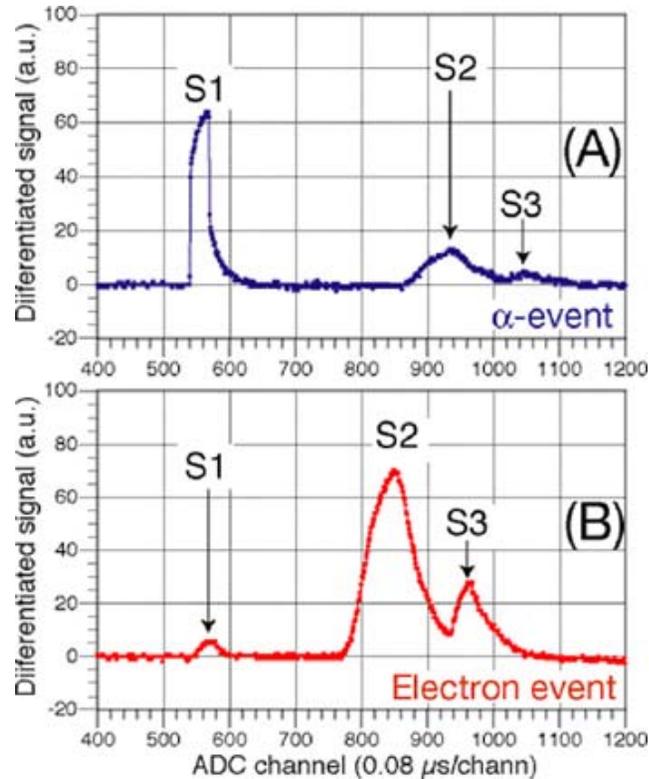
Camera bifasica di test (2.3 litri)

- La **scintillazione primaria**, prodotta dall'interazione di una particella con i nuclei dell'argon (nella fase liquida), è **misurata direttamente da un PMT (S1)**. Essa è il risultato della diseccitazione degli atomi eccitati e della ricombinazione degli elettroni di ionizzazione non sono drifattati dal campo elettrico;
- Gli **elettroni di ionizzazione** che non ricombinano vengono fatti **driftare** verso l'interfaccia liquido-gas, **estratti e accelerati** con opportuni valori dei campi elettrici al fine di produrre moltiplicazione luminosa in regime di linearità, **rivelata anch'essa dal PMT (S2)**.

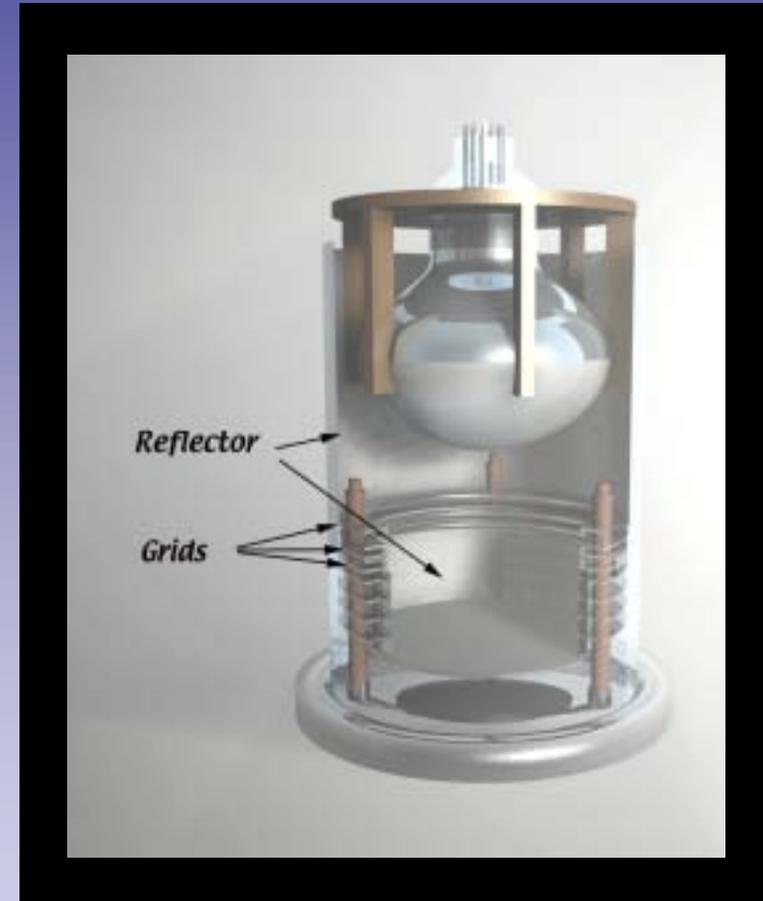


Configurazione I

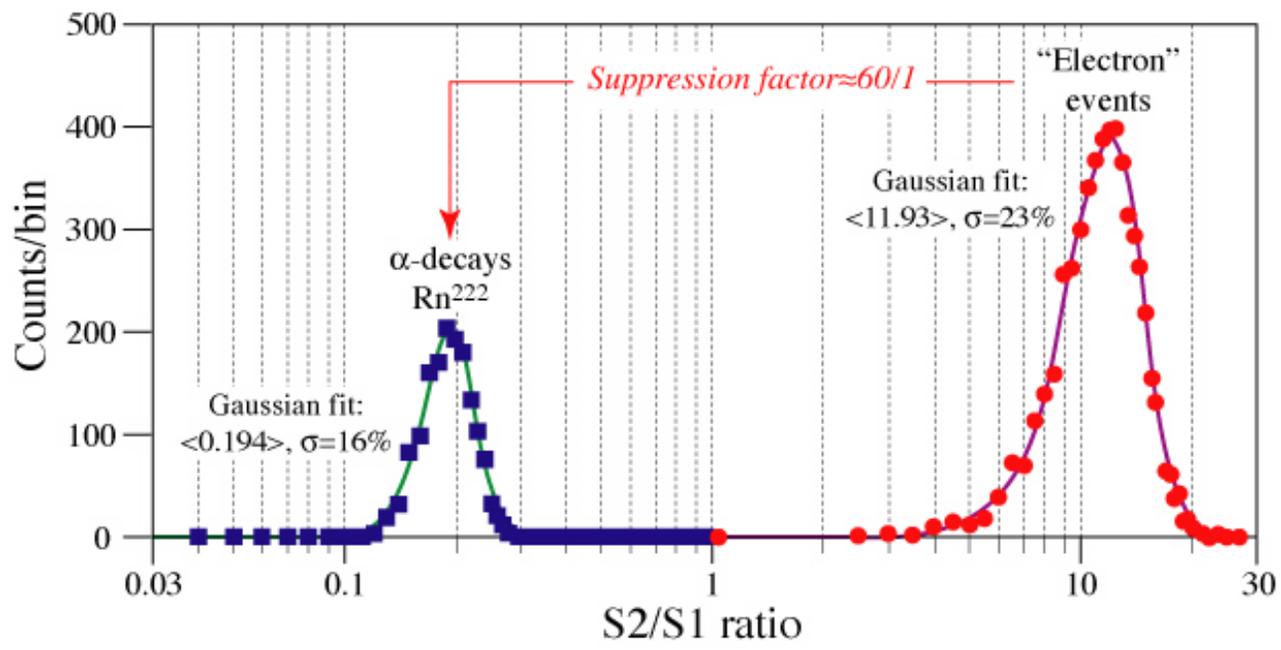
Camera bifasica di test (2.3 litri)



Il rapporto $S2/S1$ è funzione della particella incidente (componente di ricombinazione varia) e può essere usato per discriminare i segnali nella regione di interesse per le WIMPs ($S1$ piccoli). Il segnale $S3$, che non viene utilizzato, è prodotto dalla moltiplicazione elettronica sulla griglia di collezione.

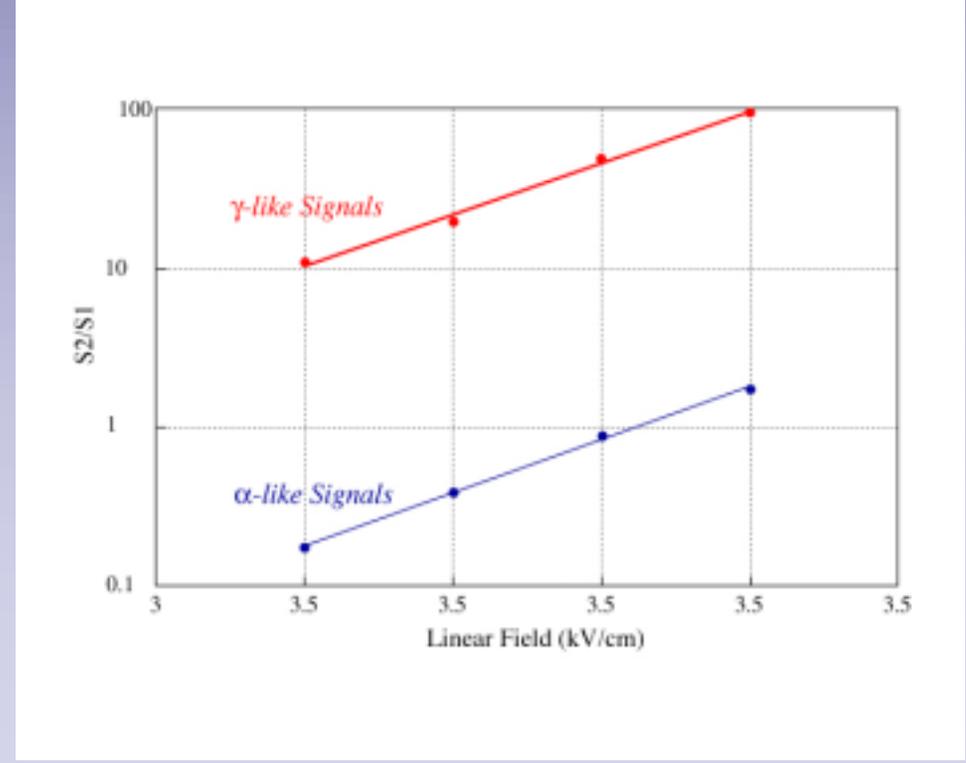


Configurazione I



L'ottimizzazione della geometria dei campi elettrici di moltiplicazione e della raccolta di luce ha portato ad una **netta separazione** fra le due famiglie ($\approx 60/1$).

<u>PARTICELLA</u>	<u>S2/S1</u> (3.5kV/cm)
elettroni (mip)	11.9
alfa (5-8 MeV)	0.19
rinculo nucleare	<u><0.19</u>



2.3 litri: configurazione II

- La camera è stata riconfigurata:
 - Sostituito il singolo PMT da 8" con 7 PMT da 2";
 - Cambiata l'elettronica per la lettura dei segnali dai PMT e per la logica di trigger;
- Misurata efficienza ≈ 2.1 phe/keV
@ $E_{\text{drift}} = 0$



Configurazione II

2.3 litri: configurazione II

- La camera è stata riconfigurata:
 - Sostituito il singolo PMT da 8" con 7 PMT da 2";
 - Cambiata l'elettronica per la lettura dei segnali dai PMT e per la logica di trigger;
- Misurata efficienza ≈ 2.1 phe/keV
@ $E_{\text{drift}} = 0$

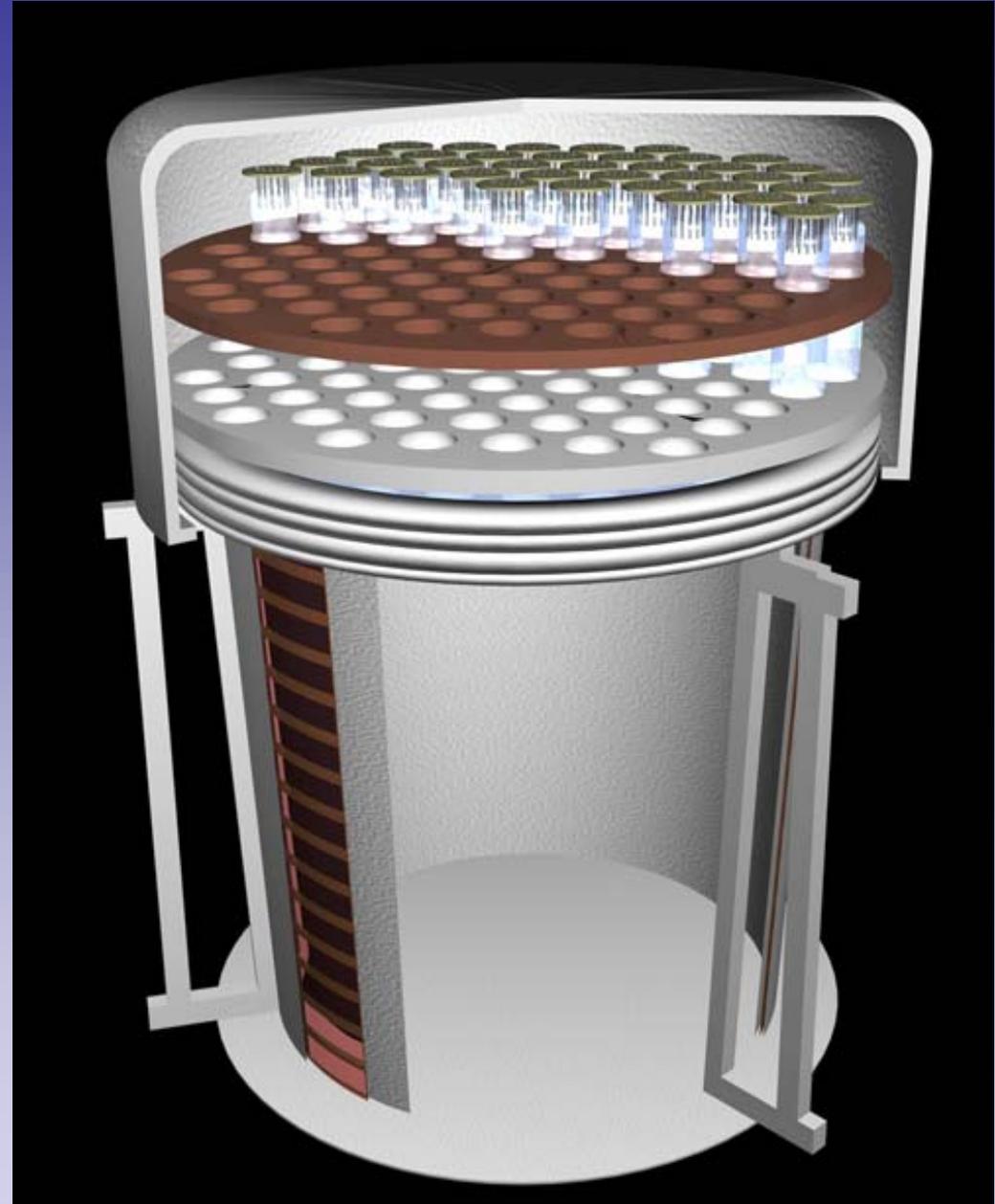
In fase di installazione presso i LNGS per misure a basso fondo e studio del background.



Configurazione II

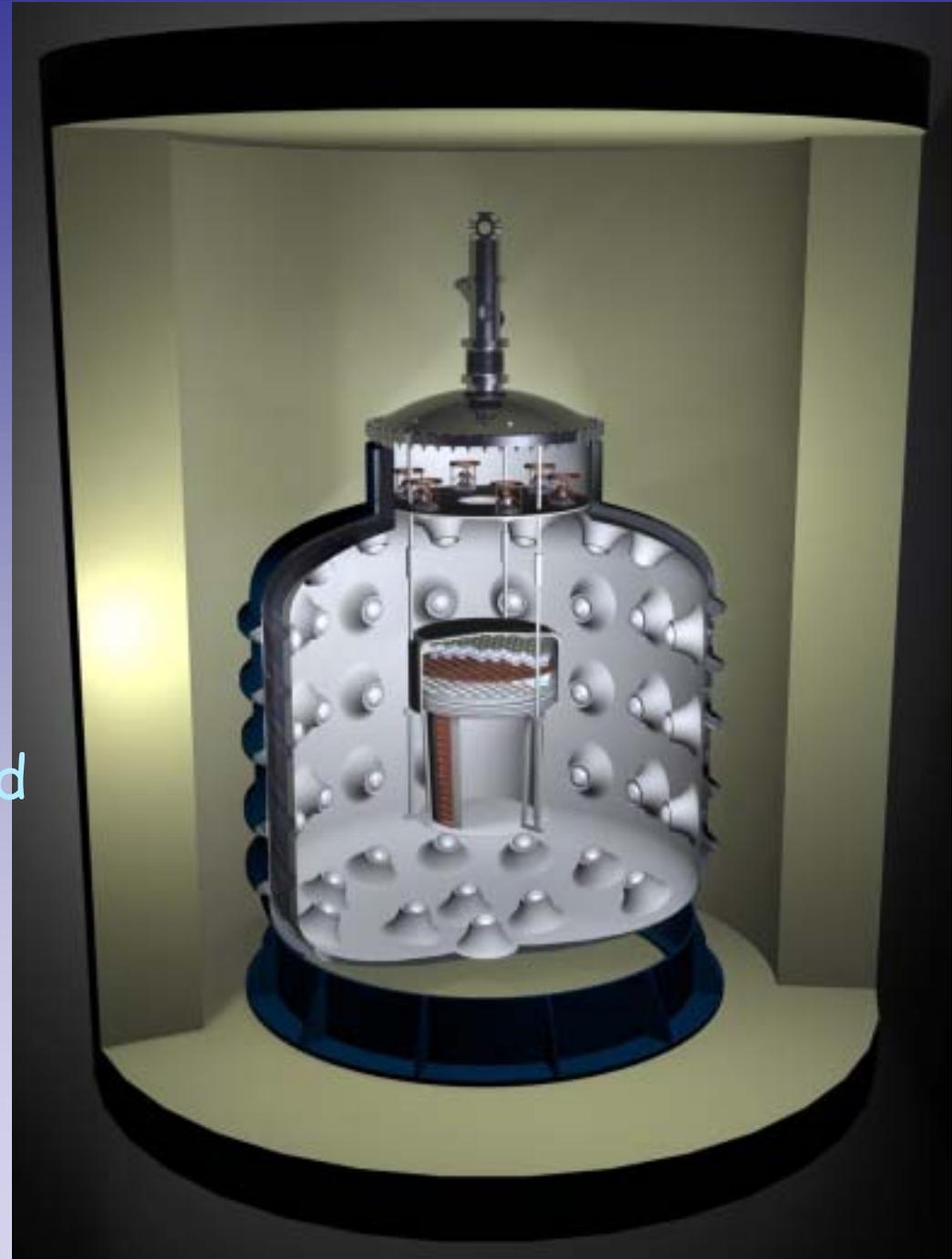
Prototipo da 100 litri

- Il rivelatore centrale è stato ottimizzato scegliendo materiali radiopuri e riducendo al massimo la quantità di materiale contenuto.
- Scheletro anelli di guardia ottenuto depositando strip di rame su un substrato di Kapton su cui verrà applicato lo strato riflettente;
- Cappello in acciaio realizzato per trattenere un cuscino di gas e fissare il livello dell'interfaccia col liquido;
- 61 PMT da 2" (per avere una

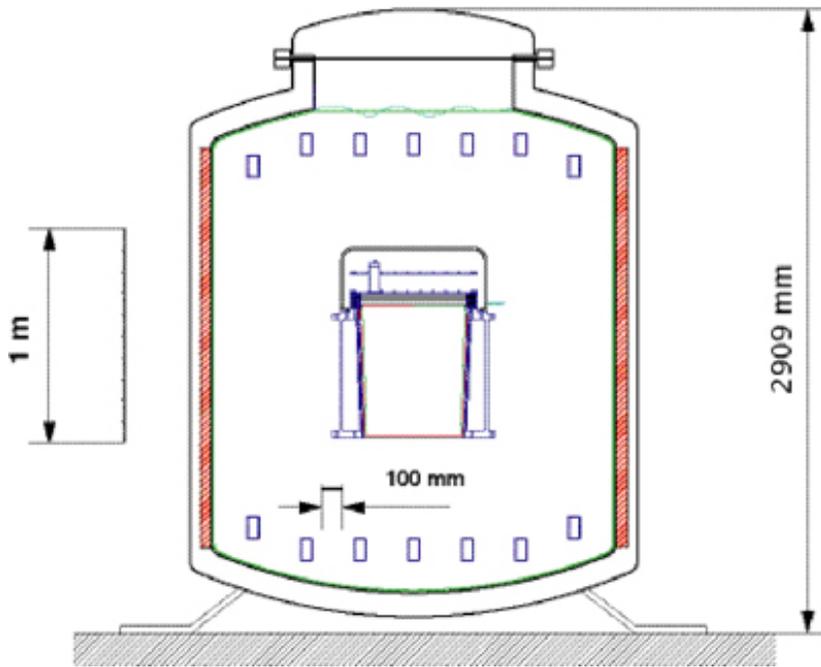


Prototipo da 100 litri

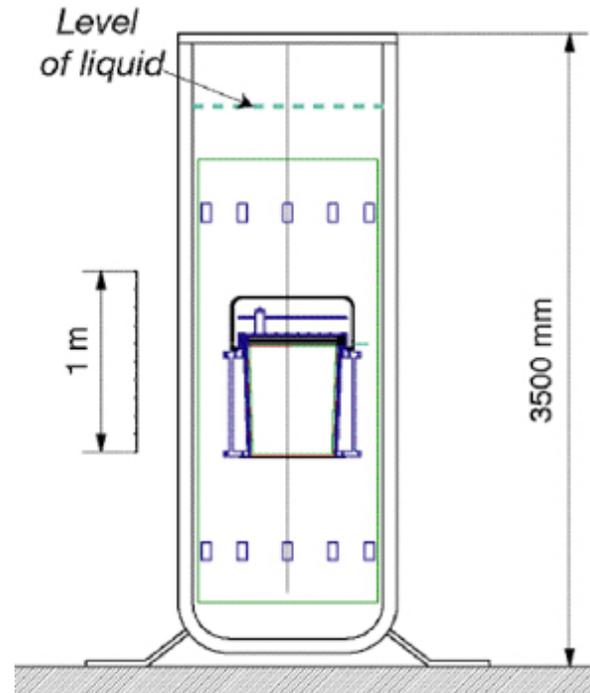
- Il rivelatore centrale è immerso in un volume di argon liquido che funge da anticoincidenza.
- Uno spessore di circa 60 cm di argon liquido ridurrebbe la probabilità che un neutrone produca un segnale nel volume centrale senza alcun segnale sopra soglia ($>30\text{keV}$) nel VETO ad un valore inferiore a 10^{-4} .
- Strato riflettente depositato sulla superficie esterna del rivelatore centrale e sulla superficie del VETO;
- 400 PMT da 3" leggono il



Configurazioni VETO

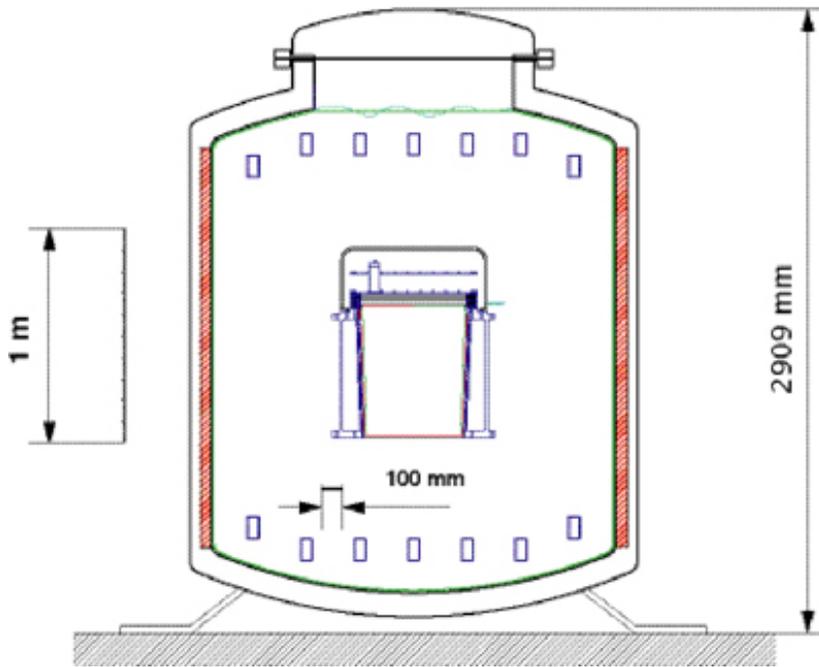


- ❑ Dewar esterno 13000 litri
- ❑ 400 PMT da 3"
- ❑ 10% copertura fotocatodica
- ❑ Sensibilità stimata 3 phe/keV
- ❑ Soglia energetica nominale 20 phe (7.5 keV)
- ❑ Minimo spessore 60 cm



- ❑ Dewar esterno 2200 litri(esistente)
- ❑ 170 PMT da 3"
- ❑ 8% copertura fotocatodica
- ❑ Sensibilità stimata 1÷2.5 phe/keV
- ❑ Soglia energetica nominale 10 phe (11 keV)
- ❑ Minimo spessore 25 cm

Configurazioni VETO



- ❑ Dewar esterno 13000 litri
- ❑ 400 PMT da 3"
- ❑ 10% copertura fotocatodica
- ❑ Sensibilità stimata 3 phe/keV
- ❑ Soglia energetica nominale 20 phe (7.5 keV)
- ❑ Minimo spessore 60 cm

La configurazione con VETO ridotto può essere utilizzata per testare nella fase iniziale il rivelatore centrale e per studiare i background e fornire un primo set di misure del flusso di WIMP

Costi per prototipo 100 litri con criostato da 2000 litri

<u>ITEM</u>	<u>COST</u>
Inner detector mechanical components	59 k€
Active VETO detector mechanical components	28 k€
Cryogenic plant	26 k€
Phototubes	387 k€
High Voltage supply	98 k€
Readout electronics and DAQ	135 k€
Slow control and monitoring	11 k€
Cryogenic liquids(6 months run)	20 k€
TOTAL	764 k€

Attività in corso a Napoli

Attività finanziata fino a giugno 2004:

- ▶ finalizzazione del proposal
 - studi MC sull'efficienza di rivelazione e ottimizzazione configurazione campi elettrici
- ▶ Run di test a Pavia e analisi preliminare dei dati (scanning)
- ▶ Installazione ai LNGS della camera da 2,3 litri

Attività prevista nei prossimi mesi:

- ▶ Startup stazione di test a Napoli e test PMT da 3"
- ▶ Presa dati ai LNGS per misura dei fondi