

Misura della massa assoluta dei neutrini

Claudia Tomei

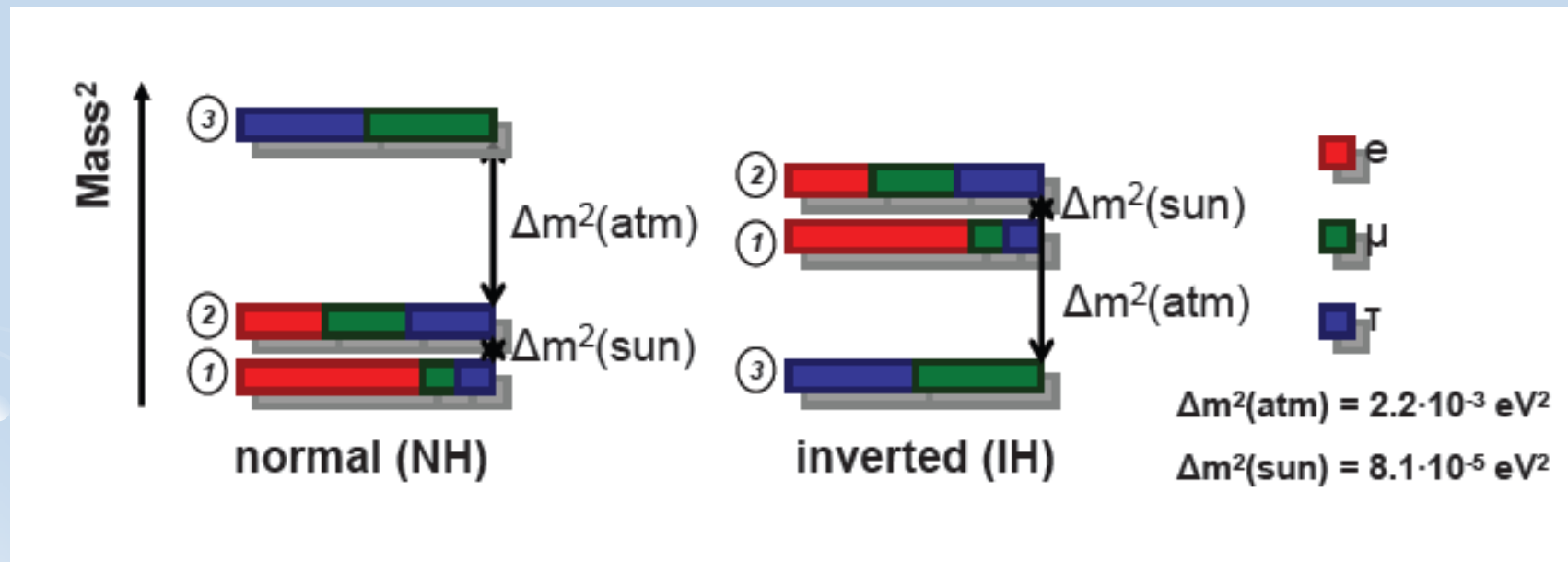
LNGS e INFN Sezione di Roma1

ifae 2008 Bologna - 26 Marzo 2008

Cosa non sappiamo

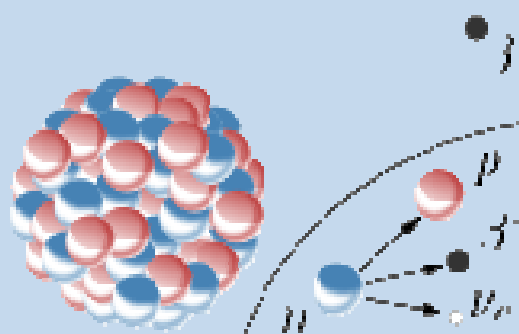
- Gerarchia di massa: sono possibili due scenari entrambi compatibili con le osservazioni sperimentali

oscillazioni nella materia, β -decay, $0\nu\beta\beta$, cosmologia

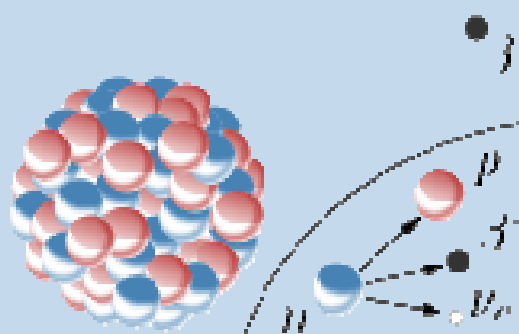


- Scala di massa $\rightarrow$ β -decay, $0\nu\beta\beta$, cosmologia
- Dirac o Majorana? $\rightarrow$ $0\nu\beta\beta$

Decadimento β



The diagram illustrates the process of beta decay. On the left, a nucleus is shown as a cluster of red and blue spheres. An arrow points from this nucleus to a final state on the right, which consists of a daughter nucleus (a smaller cluster of red and blue spheres) and an emitted electron (a small black dot). The electron is shown with a curved trajectory. The daughter nucleus is labeled with 'A' and 'Z+1'. The electron is labeled with 'e-'. The initial nucleus is labeled with 'A' and 'Z'. The final state is labeled with 'A, Z+1'.

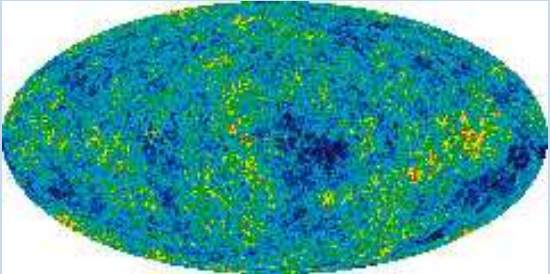
	Evento:	$(A,Z) \rightarrow (A,Z+1) + e^- + \bar{\nu}_e$
	Osservabile:	$m_{\nu_e} = \sqrt{\sum_k U_{ek} ^2 m_k^2}$
	Model-dependent:	NO
	Dirac or Majorana:	entrambi
	Stato attuale:	2.2 eV (MAINZ - TROITSK)
	Sensibilità esp. nuova generazione:	0.2 eV

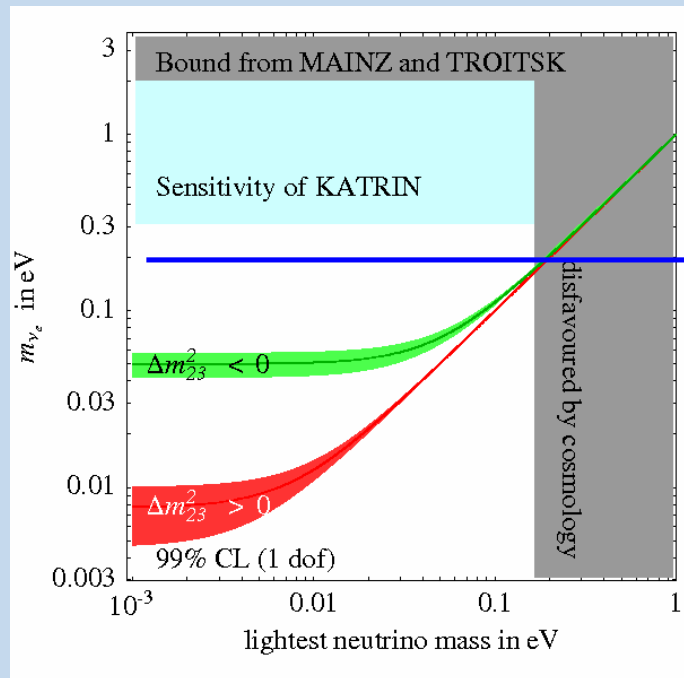
Decadimento $0\nu\beta\beta$

	Evento:	$(A,Z) \rightarrow (A,Z+2) + 2e^-$
	Osservabile:	$m_{ee} = \left \sum_k U_{ek}^2 m_k \right \quad (*)$
	Model-dependent:	SI
	Dirac or Majorana:	Majorana
	Stato attuale:	0.5 eV
	Sensibilità esp. nuova generazione:	0.05 eV

(*)Possibili cancellazioni dovute alla presenza delle fasi di Majorana

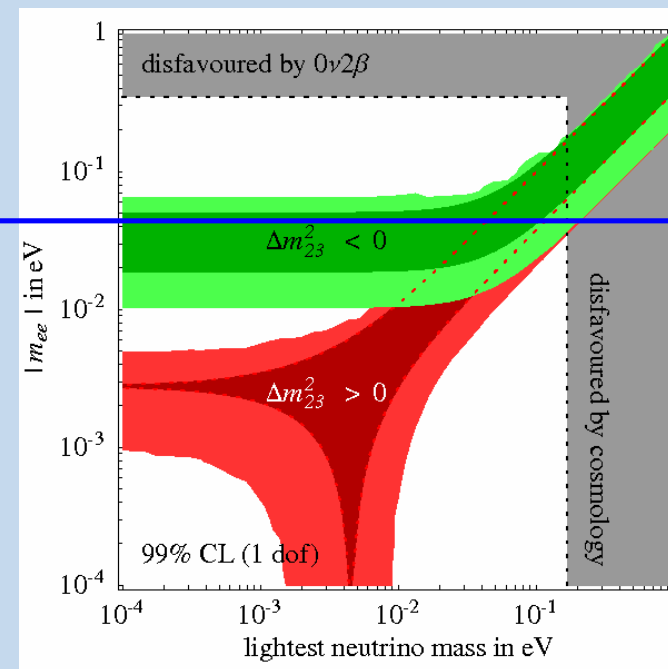
Cosmologia

 	Evento:	anisotropie della radiazione di fondo, LSS
	Osservabile:	$m_{\text{cosmo}} = \sum_k m_k$
	Model-dependent:	SI
	Dirac or Majorana:	entrambi
	Stato attuale:	0.61 eV (WMAP + SN + BAO)
	Sensibilità futura:	0.05 eV



m_{ν_e}

m_{ee}



0.05 eV

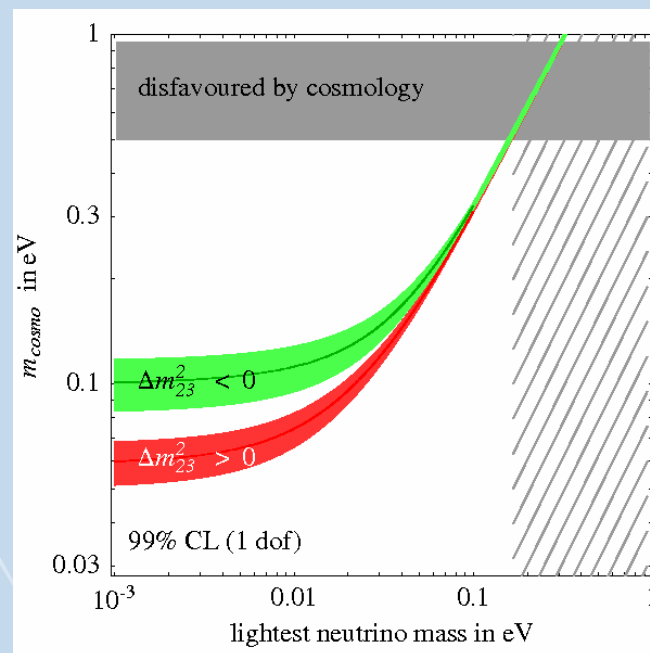
0.2 eV

$\Delta m_{23}^2 < 0$

Gerarchia inversa

$\Delta m_{23}^2 > 0$

Gerarchia normale



m_{cosmo}

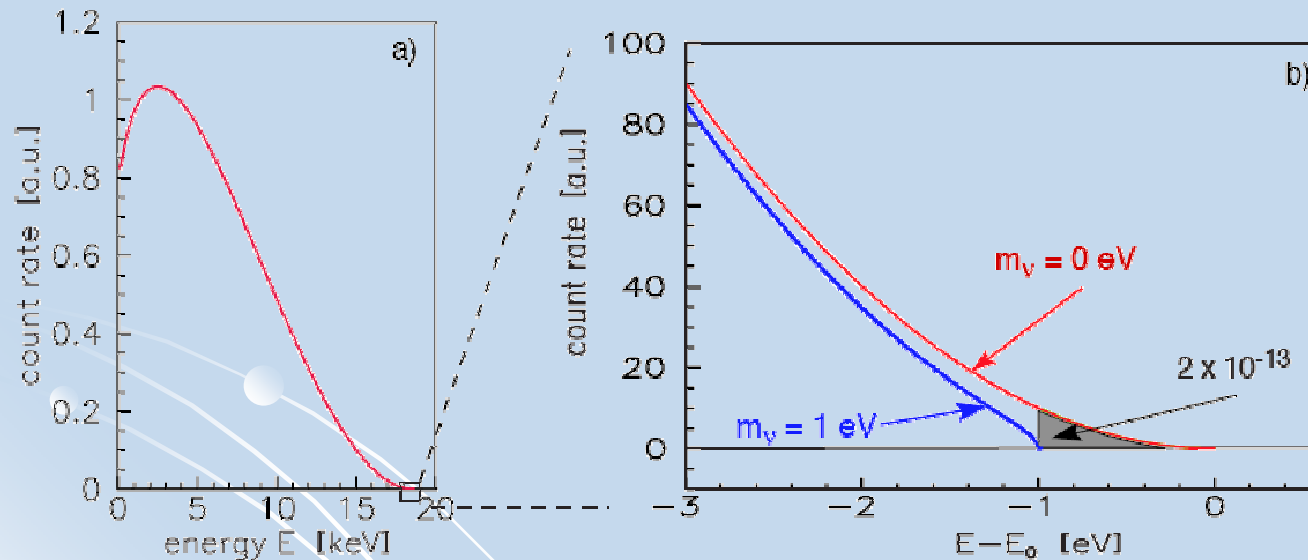
Rivelazione sperimentale del decadimento β

La presenza di una massa non nulla per il neutrino influenza l'andamento dello spettro dell'elettrone emesso in un decadimento β all'end-point.

$$\frac{dN_e}{dE_e} = F(E_e)(Q - E_e)\sqrt{(Q - E_e)^2 - m_{\nu_e}^2}$$

La frazione di eventi sotto la coda dell'end-point è proporzionale a (m_{ν}/Q^3) quindi un valore di Q basso aumenta la sensibilità.

Es. ${}^3\text{H}$ ($Q=18.6$ keV)



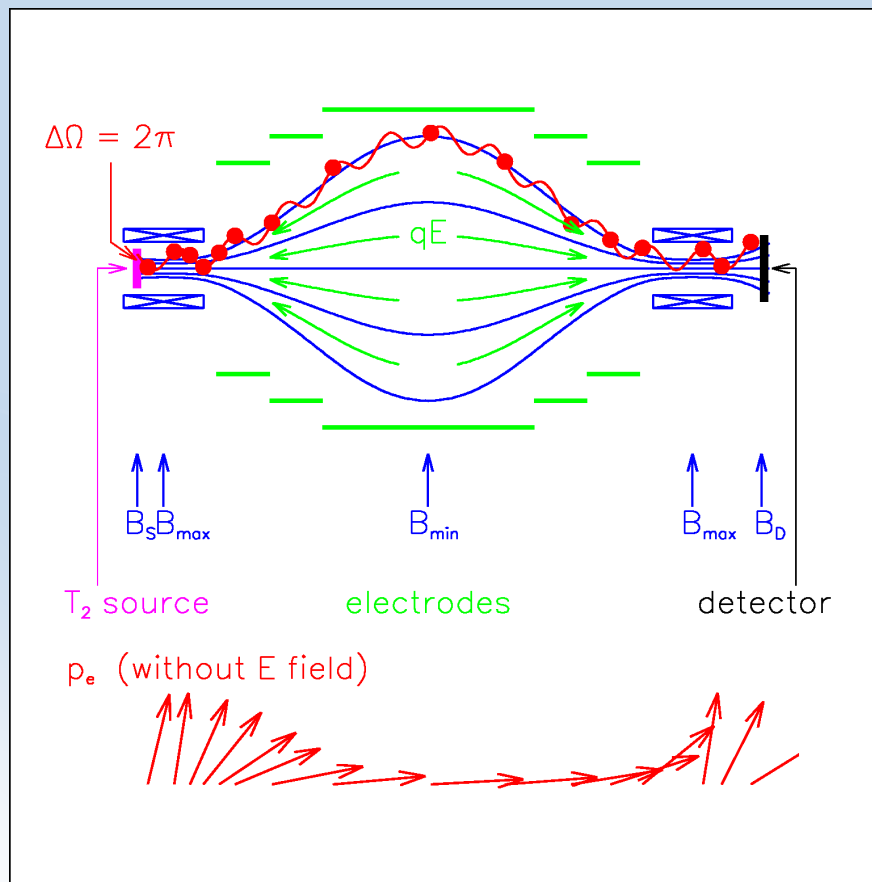
Aspetti sperimentali fondamentali:

- Alta statistica e rapporto segnale-rumore all'end-point
- Ottima risoluzione energetica
- Controllo delle sistematiche

Rivelazione spettrometrica del decadimento β

Tecnica del filtro elettrostatico con collimazione magnetica adiabatica (**MAC-E Filter**)

Gli elettroni vengono guidati lungo le linee del campo magnetico all'interno di uno spettrometro in cui è praticato il vuoto.



L'energia dell'elettrone viene selezionata da un potenziale elettrostatico che determina una soglia proprio al di sotto dell'energia dell'end-point, agendo come un filtro passa-alto.

Gli elettroni che hanno un'energia sopra soglia arrivano fino al rivelatore.

Variando il potenziale elettrostatico si misura lo spettro all'end-point.

Alta accettanza: $\sim 2\pi$
Alta luminosità
Buona risoluzione energetica

MAINZ - TROITSK

Sorgente: T₂ – Emettitore β: ³H – Q-valore: 18.6 keV

MAINZ: sorgente T₂ solida

$$m_{\nu_e}^2 = -1.2 \pm 2.2 \pm 2.1 \text{ eV}^2$$

$$m_\nu < 2.2 \text{ eV (95\% C.L.)}$$

TROITSK: sorgente T₂ gassosa

$$m_{\nu_e}^2 = -2.3 \pm 2.5 \pm 2.0 \text{ eV}^2$$

Entrambi hanno raggiunto il limite di sensibilità, continuano a studiare la sistematica.

KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino)

Esperimento di nuova generazione sul decadimento β del trizio, si propone di misurare in maniera diretta la massa del neutrino elettronico con una **sensibilità di 0.2 eV**.



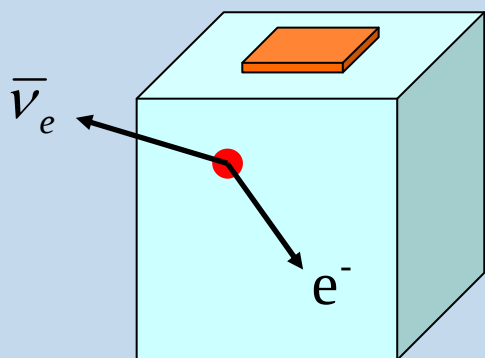
Incremento di un ordine di grandezza nelle dimensioni, nella precisione della misura e nell'intensità della sorgente rispetto ai precedenti esperimenti.

Inizio presa dati nel 2010

[da H. Robertson, presentazione a TAUP2007]

Rivelazione calorimetrica del decadimento β

La sorgente del decadimento beta è il rivelatore stesso. Lo spettro dell'elettrone emesso si misura per intero. Il rivelatore usato è un bolometro.



Emettitore β : ^{187}Re – Q-value: 2.47 keV
Abbondanza isotopica: 63%

Misura dell'intera energia del decadimento
Assenza di correzioni per stati finali atomici e molecolari e per l'energia di rinculo.

MANU

Cristallo di Re metallico
 $m = 1.6 \text{ mg}$
Termistore GeNTD
FWHM = 96 eV

MIBETA

10 cristalli di AgReO_4
 $m = 2.71 \text{ mg}$
Termistore Si
FWHM = 29 eV

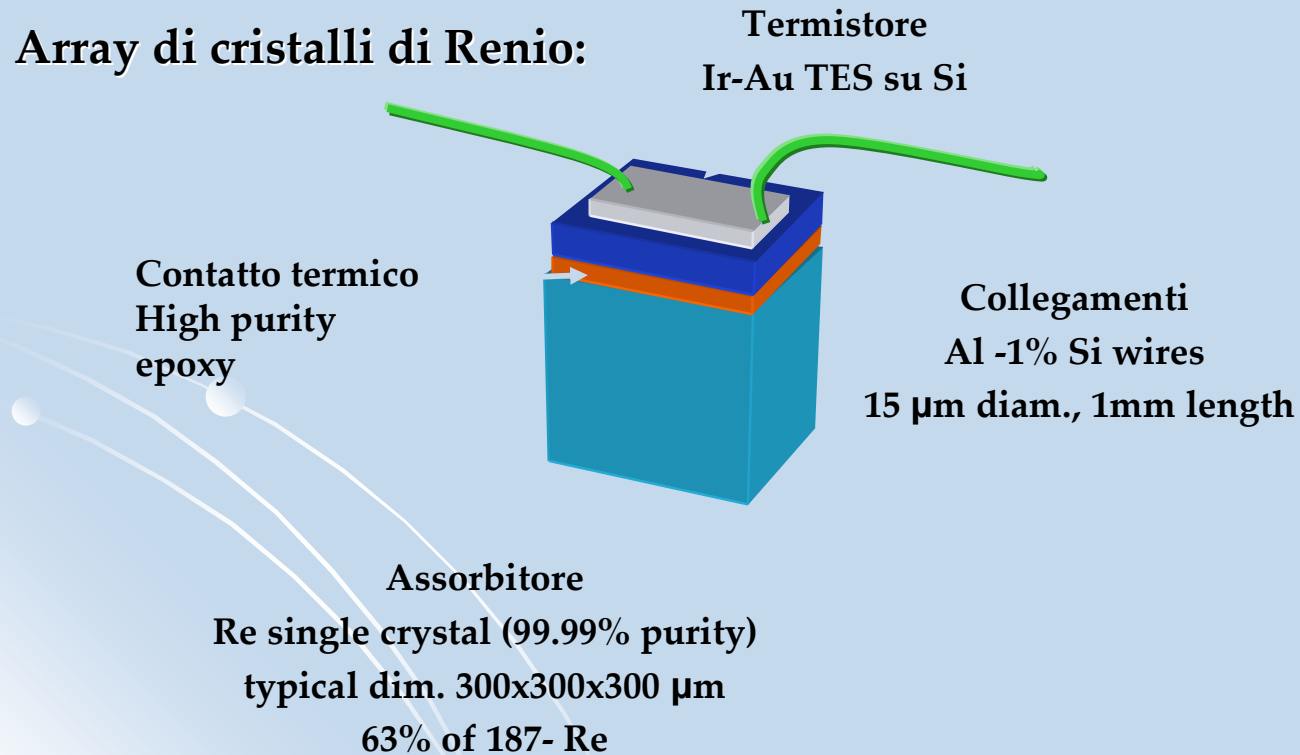
Best limit (MIBETA): $m_\nu < 15 \text{ eV}$ (90% C.L.)

MARE (Microcalorimeter Arrays for a Rhenium Experiment)

MARE combina il potenziale della misure calorimetriche con la risoluzione energetica tipica dei rivelatori criogenici ($\sim$ eV).

- MARE I: R&D e test con sensibilità dell'ordine dell'eV
- MARE II: misura di m_ν nel range sub eV (~ 0.2 eV) .

Array di cristalli di Renio:



[da F. Gatti, presentazione a TAUP2007]



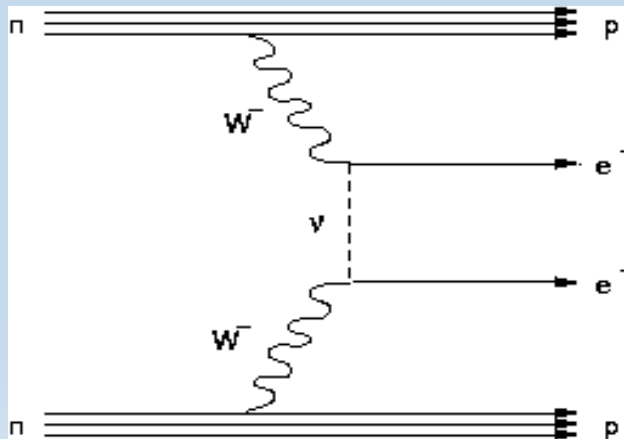
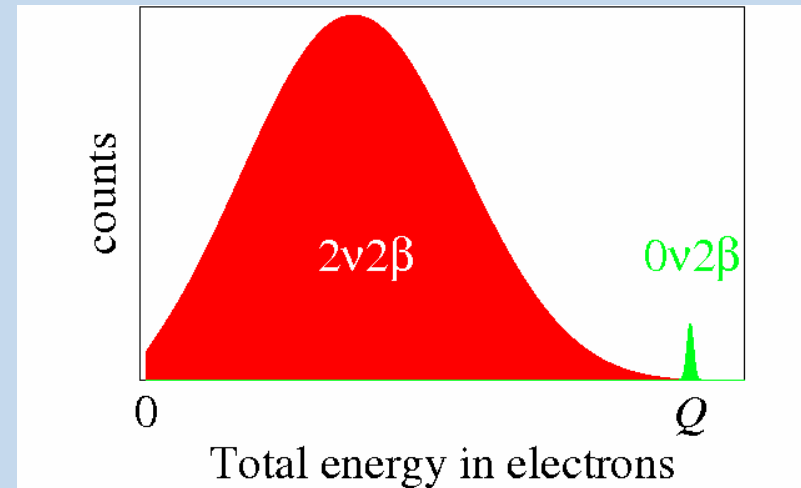
Rivelazione sperimentale del decadimento $0\nu\beta\beta$

$$\frac{1}{T_{1/2}^{0\nu}} = G^{0\nu}(Q, Z) |M^{0\nu}|^2 \langle m_{ee} \rangle^2$$

Phase space

Elemento di matrice nucleare:
fonte di incertezza

Massa
effettiva del
neutrino



Sensibilità sperimentale:

efficienza

$$S^{0\nu} \propto \varepsilon \frac{a}{A} \left(\frac{M[\text{kg}] T[\text{y}]}{b[\text{counts/keV/kg/y}] \Delta E[\text{keV}]} \right)^{1/2}$$

abbondanza isotopica

massa atomica

Aspetti sperimentali fondamentali:

Ottima risoluzione energetica

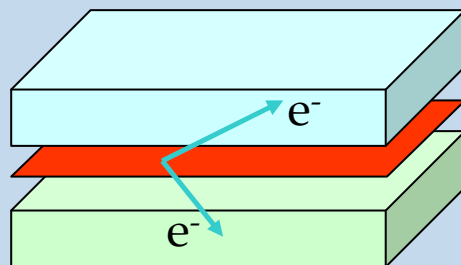
Abbondanza isotopica

Basso fondo nella regione del Q-valore

Rivelazione sperimentale del decadimento $\beta\beta$

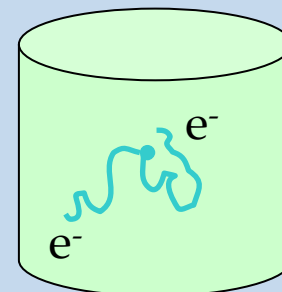
Ricostruzione dell'evento con rivelazione delle tracce dei singoli elettroni:

- scintillatori
- TPC
- drift chamber



Rivelazione dell'energia totale dei due elettroni attraverso la ionizzazione:

- scintillatori
- rivelatori a stato solido
- bolometri
- rivelatori a gas



Soppressione del fondo

In caso di risultato positivo, l'energia e la distribuzione angolare degli elettroni possono dare informazioni sul meccanismo di decadimento

Bassa risoluzione energetica

Massa ridotta dell'emettitore $\beta\beta$

Ottima risoluzione energetica

Alta efficienza

Rivelatori di grande massa

Limitata possibilità di discriminazione del fondo

Stato attuale: ^{76}Ge

Heidelberg-Moscow experiment @ LNGS :

5 Ge detectors ($m = 10.9 \text{ kg}$, $a = 86\%$)

$S = 72 \text{ kg} \cdot \text{y}$, $B = 0.2 \text{ c/keV kg y}$

$$T_{1/2} > 1.9 \cdot 10^{25} \text{ y (90\% C.L.)}$$

[K.-Kleingrothaus et al, Eur.Phys.J. A12 (2001) 147-154]

IGEX experiment @ Canfranc :

3 Ge detectors ($m = 6 \text{ kg}$, $a = 86\%$)

$S = 8.8 \text{ kg} \cdot \text{y}$, $B = 0.2 \text{ c/keV kg y}$

$$T_{1/2} > 1.57 \cdot 10^{25} \text{ y (90\% C.L.)}$$

[Gonzales et al., Nucl. Phys. B (P.S.) 87 (2000) 278]

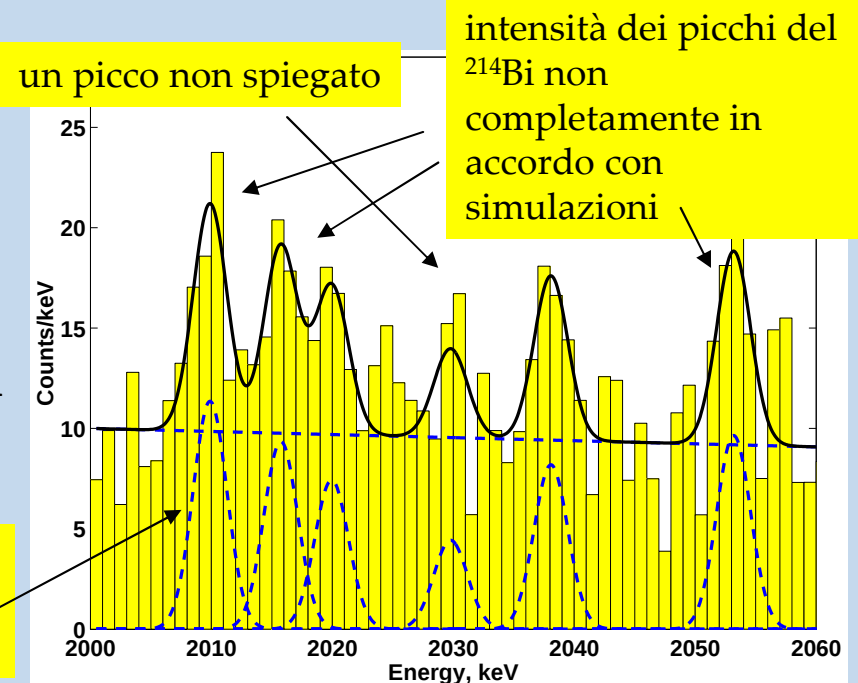
Claim di un'evidenza sperimentale del decadimento doppio beta senza neutrini basata sui dati dell'esperimento Heidelberg-Moscow

$$T_{1/2} = 1.2 (0.69 - 4.2) \cdot 10^{25} \text{ y (4.2 } \sigma)$$
$$m_{ee} = 0.44 (0.24 - 0.58) \text{ eV}$$

[K.-Kleingrothaus et al, Phys.Lett. B586(2004)198]

Risultato controverso, sono necessarie conferme sperimentali sia con Ge che con altri isotopi

Fondo valutato solo in una finestra stretta attorno al Q valore



Stato attuale: ^{130}Te - CUORICINO

Massa totale: 40.7 kg
44 cristalli x 790 g
18 cristalli x 330 g (di cui 4 arricchiti)

^{130}Te	TeO_2
Abbondanza isotopica: 33.9% Q-value = 2530.3 keV	radiopuro grande massa eccellenti proprietà meccaniche e termiche

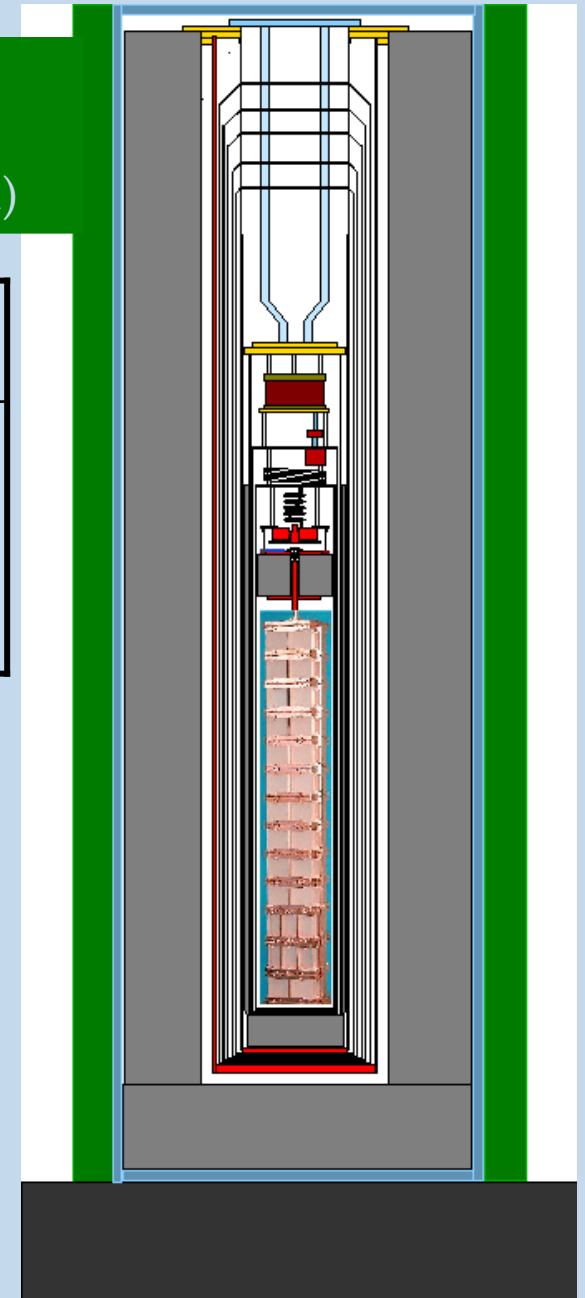


$T \approx 10 \text{ mK}$

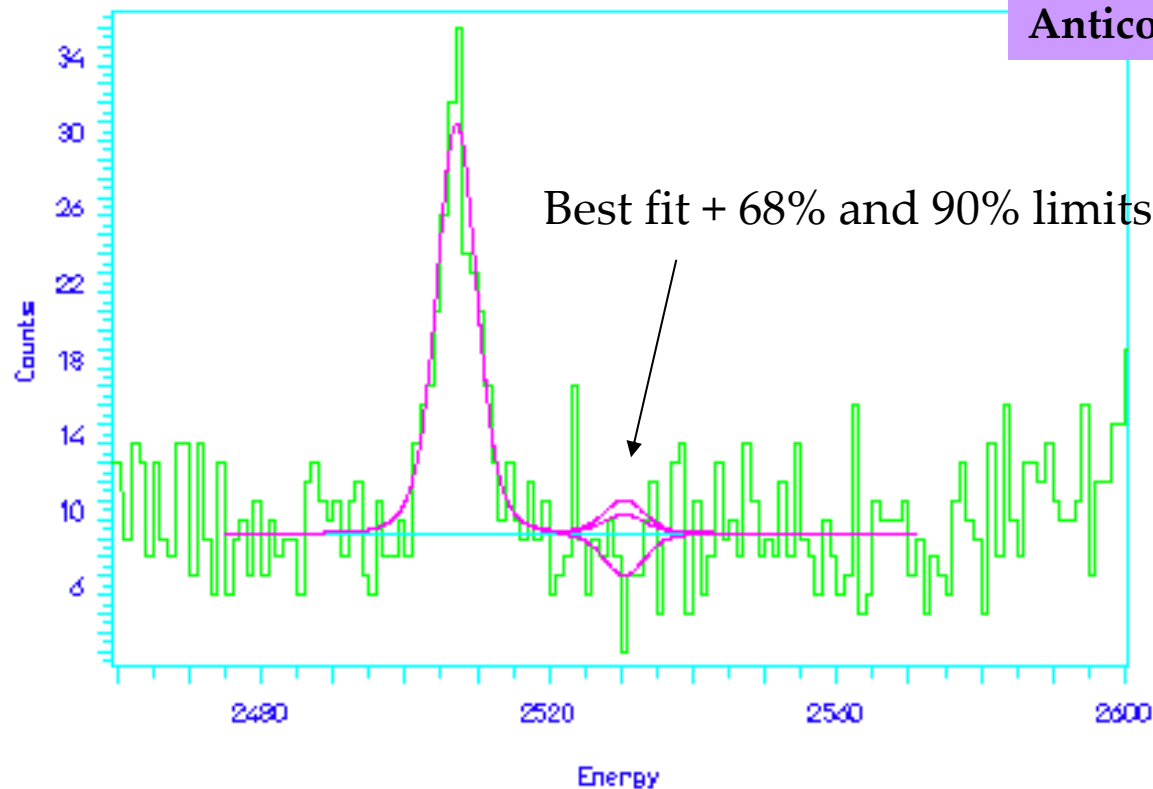
$\sim 0.2 \text{ mK/MeV}$

TeO_2

Termistore
NTD Ge



CUORICINO – Risultati recenti



Anticoincidence sum spectrum

Response function = somma di N gaussiane centrate all'energia Q ma con diverse σ calcolate per ogni rivelatore a 2615 keV (^{232}Th).

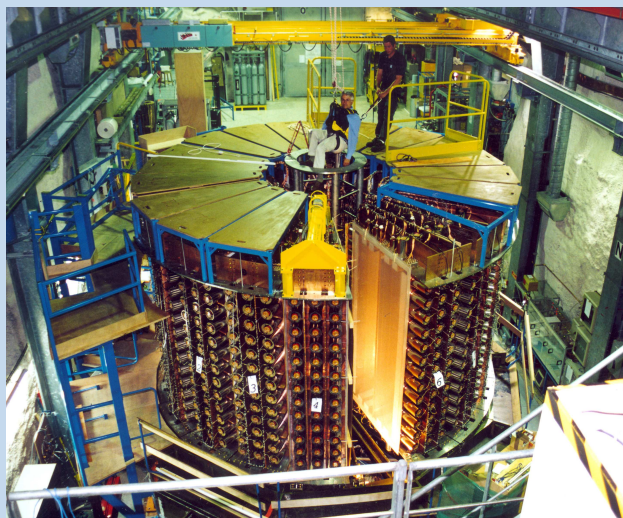
Risoluzione energetica:
FWHM = 8 keV @ 2615 keV
Bkg: 0.18 ± 0.02 counts/kg keV y
(40% compton da 2614 keV -
60% degraded alpha)

$T_{1/2}$ (90% CL)	Exposure	m_{ee}
$3.1 \cdot 10^{24}$ [yr]	15.53 [kg y ^{130}Te]	$0.20 - 0.68$ [eV] *

*NME from Rodin et al Nucl. Phys. A 766,107 (2006) + Erratum nucl-th:0706.4304v1

Stato attuale: ^{100}Mo e ^{82}Se - NEMO

[da H. Ohsumi, presentazione a TAUP2007]



NEMO 3 @ LSM

Vari isotopi:

^{100}Mo (~7kg), ^{82}Se (~1kg), ^{130}Te , ^{116}Cd , ^{96}Zr , ^{48}Ca , ^{150}Nd

Tracking chamber (drift wire chamber) + Calorimetro (scintillatori plastici) + Campo magnetico

Discriminazione degli eventi di fondo: e^- , e^+ , γ , α

^{100}Mo $0\nu\beta\beta$

$T_{1/2} > 5.8 \cdot 10^{23} \text{ yr}$ (90 % C.L.) $m_{ee} < 0.6 - 1.3 \text{ eV}$

Atteso nel 2009:

$T_{1/2} > 2 \cdot 10^{24} \text{ yr}$ (90 % CL) $m_{ee} < 0.3 - 0.7 \text{ eV}$

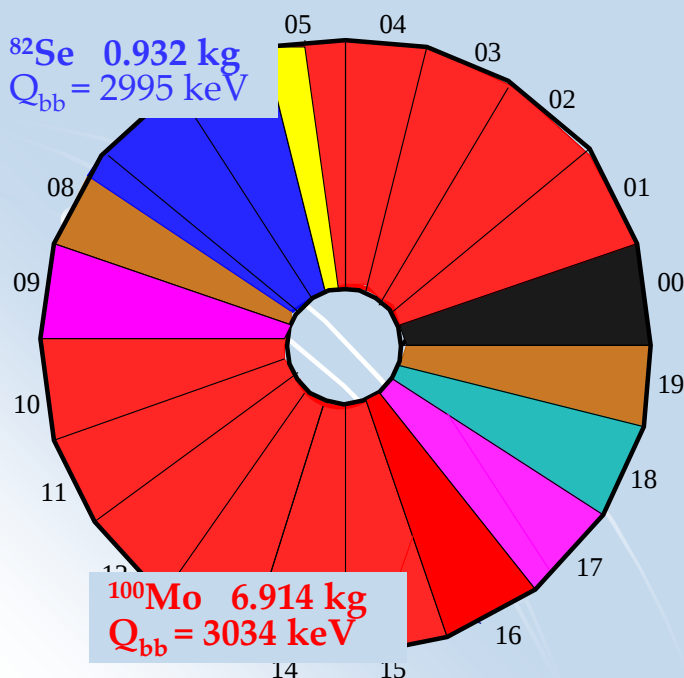
^{82}Se $0\nu\beta\beta$

$T_{1/2} > 2.1 \cdot 10^{23} \text{ yr}$ (90 % C.L.) $m_{ee} < 1.4 - 2.2 \text{ eV}$

Atteso nel 2009:

$T_{1/2} > 8 \cdot 10^{23} \text{ yr}$ (90 % CL) $m_{ee} < 0.7 - 1.1 \text{ eV}$

^{82}Se 0.932 kg
 $Q_{bb} = 2995 \text{ keV}$



^{100}Mo 6.914 kg
 $Q_{bb} = 3034 \text{ keV}$

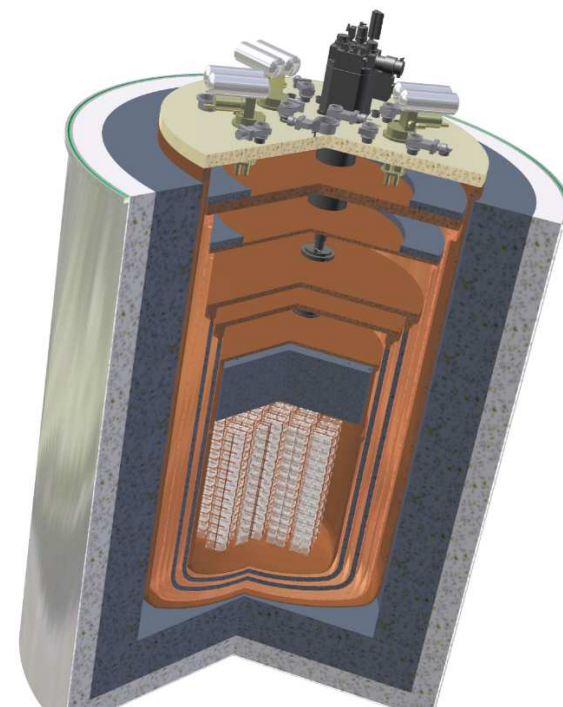
Prospettive future per il decadimento $\beta\beta$

Gli esperimenti di nuova generazione in generale sono concepiti in due o più fasi:

- testare la regione di masse degeneri dei neutrini e il claim esistente e successivamente spingersi nella regione di masse intorno a 0.1 eV
- R&D per esperimenti futuri capaci di andare sotto questo limite e testare la gerarchia inversa

CUORE

- Array di 988 rivelatori TeO_2 (ognuno 750g) per una massa totale di 741 kg (204 kg in ^{130}Te)
- 19 torri di 13 piani ognuno con 4 rivelatori
- Stessa tecnica di cuoricino ma fondo molto ridotto
- Possibile sostituzione in futuro dei rivelatori con cristalli arricchiti in ^{130}Te



Da CUORICINO a CUORE

$$S \propto \frac{a}{A} \left(\frac{M T}{b \Delta E} \right)^{1/2}$$

Diagram showing scaling factors for the CUORE detector compared to CUORICINO:

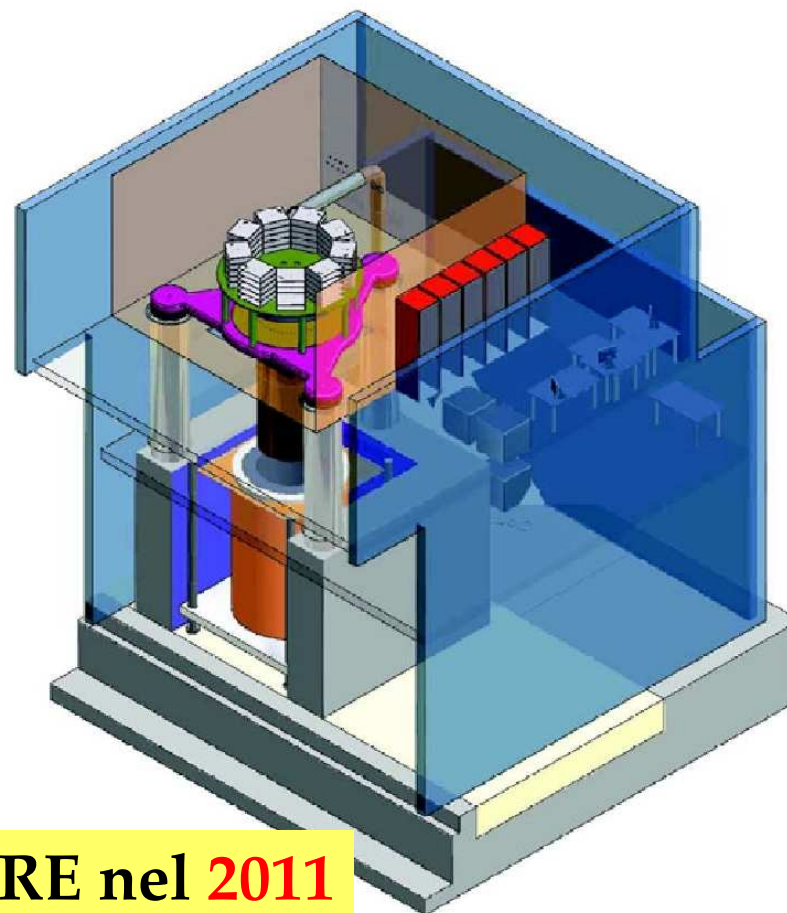
- $\times 20$ (applied to a)
- $\times 5$ (applied to T)
- $\times 1/20$ (applied to A)
- $\times 1/1.5$ (applied to ΔE)

$$S_{\text{CUORE}} \sim 55 \cdot S_{\text{CUORICINO}}$$

Background	Sensitivity	Majorana mass
0.01 counts/ kg keV y	$2.1 \cdot 10^{26}$ y	19 – 100 meV
0.001 counts/ kg keV y	$6.5 \cdot 10^{26}$ y	11 – 57 meV

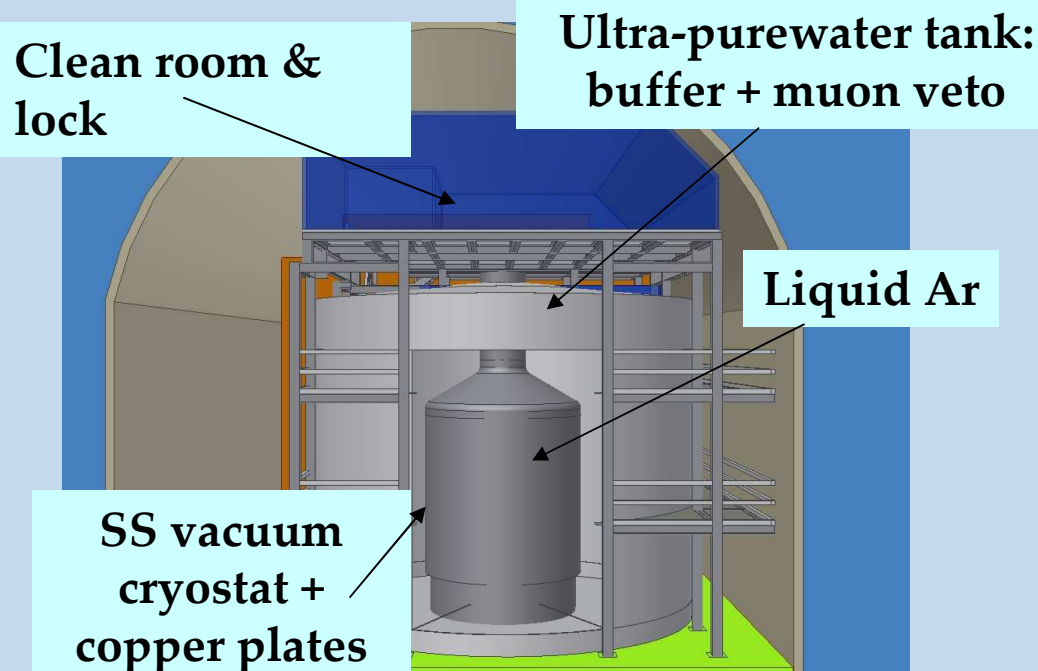
CUORE @ LNGS

- Refrigeratore già ordinato
- 1000 cristalli sovvenzionati da INFN e DoE
- Prima torre di CUORE (CUORE0) operativa nel 2009



Presa dati CUORE nel 2011

GERDA: GERmanium Detector Array



Naked enriched Ge detector in Argon liquido

Strategie di riduzione del fondo:

Rivelatori segmentati
Pulse shape discrimination
Selezione dei materiali
Minima esposizione ai raggi cosmici

Presi dati: 2009

Fase I: 17.9 kg di rivelatori arricchiti in ^{76}Ge (HM & IGEX)

bkg: 10^{-2} counts/kg keV y

Testare il claim basato sui dati di HdMo: 6.0 ± 1.4 eventi attesi su un bkg di 0.5

Fase II: + 40 kg (nuovi rivelatori)

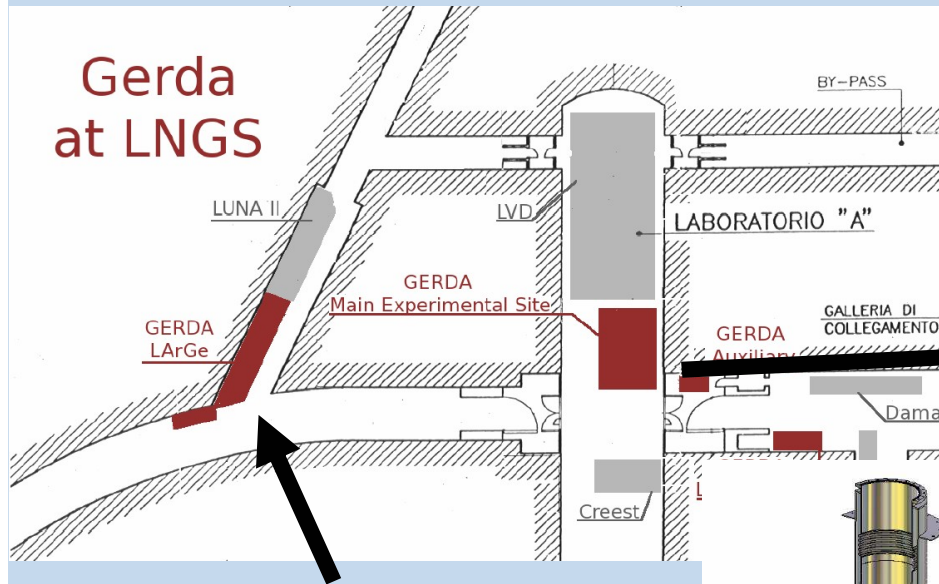
bkg: 10^{-3} counts/kg keV y, sensitivity ~ 0.14 eV per 100 kg y

Fase III: **esperimento di massa $\sim 1\text{ton}$** $\rightarrow 10^{27}$ y

Testare la gerarchia di massa inversa

GERDA @ LNGS

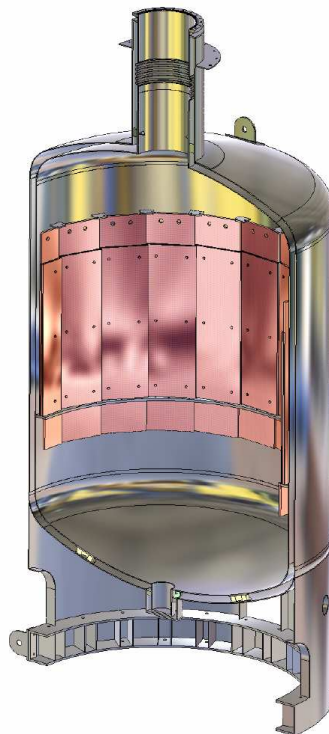
Gerda
at LNGS



Arrivo del criostato @ LNGS



Underground detector
laboratory (LArGe-facility)



Rivelatori HdMo e
IGEX riprocessati



SUPERNEMO

GOAL: investigare la regione della gerarchia inversa m_ν (~50 meV)

Design modulare:

20 moduli da 5 kg - ~100 kg di isotopi arricchiti

1 modulo:

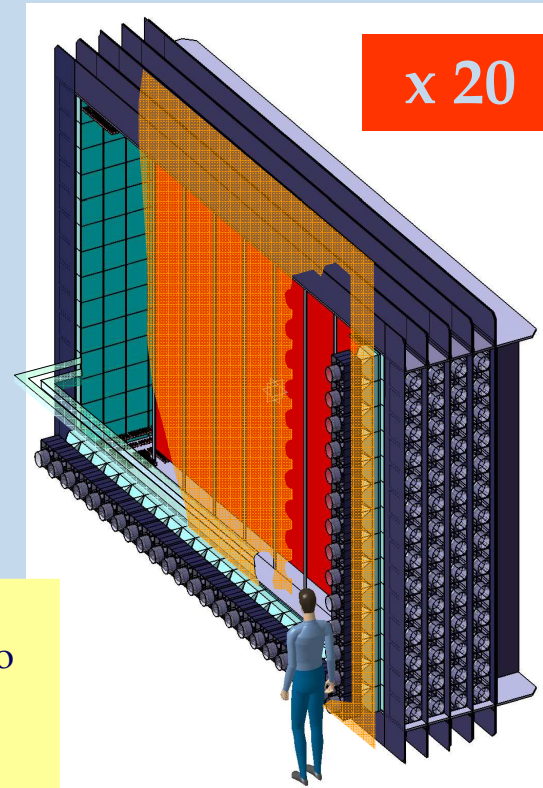
Sorgente (40 mg/cm²): 4 x 3 m²

Tracking : drift chamber ~3000 cells in Geiger mode

Calorimeter: scintillators + PM

R&D:

- Tracking detector: ottimizzazione, wiring automatico, test del prototipo
- BiPo detector
- Simulazioni
- Scelta del sito sperimentale
- **Sorgente: Produzione di sorgenti ultrapure, controllo della purezza**
- **Calorimetro: risoluzione energetica 4% a 3MeV (7%FWHM a 1MeV)**



^{82}Se (e/o ^{150}Nd) $T_{1/2}(2\nu\beta\beta) = 10^{20} \text{ y}$	100 - 200 kg	$\epsilon(0\nu\beta\beta) \sim 30 \%$	FWHM(calor)=4% @ 3MeV	$T_{1/2}(0\nu\beta\beta) > 2 \cdot 10^{26} \text{ y}$ $m_{ee} < 50 \text{ meV}$
--	--------------	---------------------------------------	--------------------------	--

2011: 6 moduli → 2013: rivelatore completo

[da H. Ohsumi, presentazione a TAUP2007]

Esperimenti $0\nu\beta\beta$ e sensibilità a confronto

Esperimento	Isotopo	Tecnica	Sensitivity
CUORE	^{130}Te	Array di bolometri	11 – 100 meV
GERDA PhaseII	^{76}Ge	Naked enriched Ge detectors in LAr	140 meV
MAJORANA	^{76}Ge	Segmented enriched Ge detectors	140 meV
SuperNEMO	vari	Tracking drift chamber + scintillatori plastici	50 meV
EXO	^{133}Xe	Liquid Xenon TPC	11 - 70 meV
MOON	vari	Scintillatori + wire chamber	40 meV
DCBA	^{150}Nd	Drift chamber	30 meV
CANDLES	^{48}Ca	Array di CaF_2 in scintillatore liquido	30 meV
COBRA	^{116}Cd	Array di semiconduttori CdZnTe	

Conclusioni

- Misura della massa assoluta del neutrino obiettivo fondamentale: gli esperimenti che abbiamo visto possono dare importanti risultati in pochi anni da ora
- Sono necessari diversi approcci sperimentali sia sul decadimento β che sul $0\nu\beta\beta$
- È necessario studiare diversi isotopi
- Enorme impegno sperimentale per avere risposte concrete in tempi brevi
- Prospettive future quanto mai interessanti

EXTRA SLIDES



Oscillazioni: cosa sappiamo

Oscillazione di neutrini $\longleftrightarrow$ Neutrini massivi

Neutrini atmosferici:

mixing quasi massimale $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$

$$\Delta m_{\text{ATM}}^2 \cong 2.2 \cdot 10^{-3} \text{eV}^2$$

$$\sin^2 2\theta_{\text{ATM}} \approx 1$$

Neutrini solari:

$\nu_e \rightarrow$ combinazione di ν_μ e ν_τ

$$\Delta m_{\text{SOL}}^2 \cong 8 \cdot 10^{-5} \text{eV}^2$$

$$\sin^2 \theta_{\text{SOL}} \approx 0.3$$

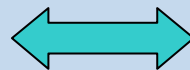
$\overline{\nu_e}$ oscillations:
no evidence

$$\sin^2 \theta_{13} < 0.05$$

I dati provenienti dagli esperimenti sulle oscillazioni dei neutrini possono essere spiegati in maniera convincente nel framework di un mixing tra i 3 sapori in cui le oscillazioni dei neutrini solari e atmosferici sono disaccoppiate.

Si può settare un limite inferiore al valore assoluto della scala di massa cioè:

$$m_{\text{scale}} = \sqrt{\Delta m^2}$$



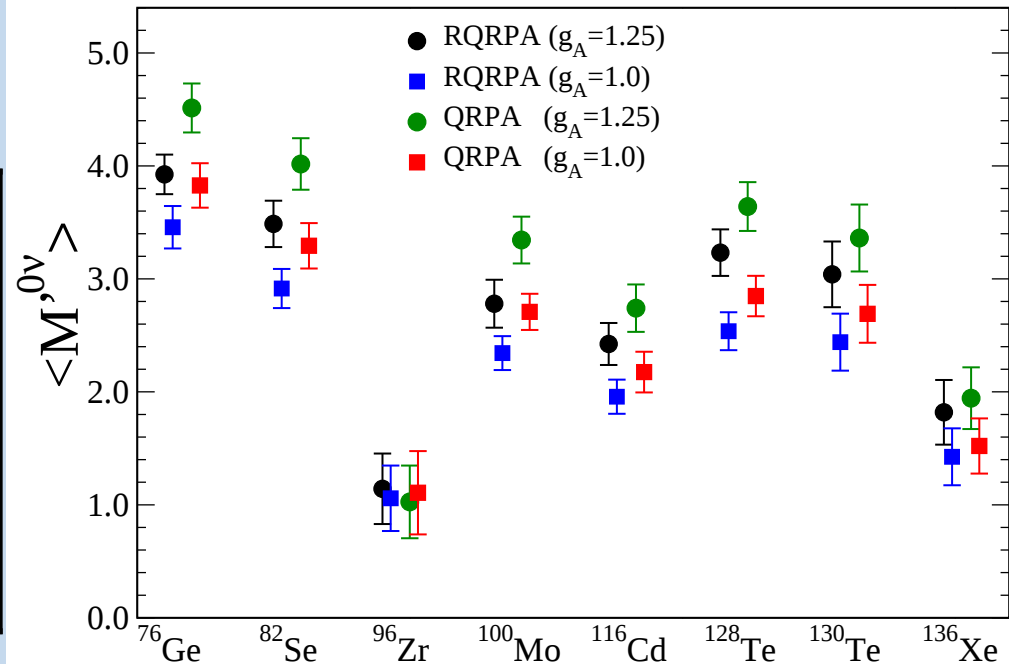
Esperimenti di
nuova generazione

Il problema dell'elemento di matrice nucleare

$$m_{\beta\beta} \propto \sqrt{\frac{1}{T_{1/2}^{0\nu}}}$$

M_{0n}	ISM	QRPA (a)	QRPA
^{76}Ge	2.58	3.81 – 4.96	4.06 – 5.26
^{82}Se	2.49	3.20 – 4.42	2.72 – 3.60
^{128}Te	2.67	2.79 – 4.00	3.37 – 4.42
^{130}Te	2.41	2.57 – 3.59	3.00 – 4.22
^{136}Xe	2.00	1.39 – 2.32	1.92 – 2.92

(a) aumentate del 10%



3 approcci principalmente usati nell'analisi dei dati sperimentali:

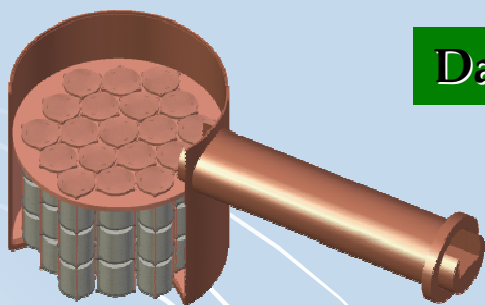
- **QRPA Tuebingen-Bratislava -Caltech**: [erratum of nucl-th/0503063]
- **QRPA Jyväskylä**: [nucl-th/0208005], [nucl-th/0705.0469]
- **Nuclear Shell Model**: [nucl-th/0709.0277]

Con i progressi recenti in questo campo la differenza si è ridotta a meno del 30%

Majorana

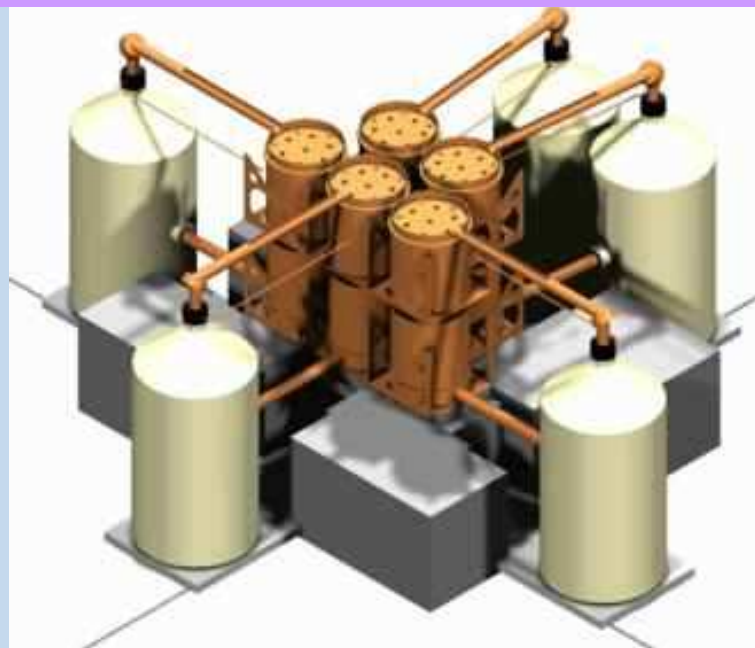
$0\nu\beta\beta$ decay di ^{76}Ge + R&D verso un esperimento di ultima generazione di massa ~ 1 ton

- dimostrare la possibilità di ridurre il fondo a livelli adeguati a un esperimento di massa ~ 1 ton
- testare il claim esistente e la regione di masse quasi degeneri intorno a 100 meV
- studiare la configurazione ottimale per un esperimento di massa ~ 1 ton (collaborazione stretta con GERDA)



Data taking 2011

Goal <1 count/4keV ROI/t/y
 $T_{1/2} > 1 \times 10^{28}$ y (90%CL)
 $m_\nu < 140$ meV (90%CL)



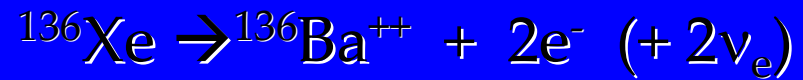
[da F. Avignone, presentazione a TAUP2007]

Fase I: modulo da 60 kg deep underground con diversi tipi di rivelatori e di arricchimento per la scelta di una configurazione ottimale, la verifica delle simulazioni MC sul background e lo screening dei materiali

Ultra-radiopure materials, passive shield + active veto (4π), PSD, segmentation

High-purity electroformed copper cryostat, shield of electroformed copper/lead

EXO (Enriched Xenon Observatory for $0\nu\beta\beta$ decay)



STEPS:

- Costruire una TPC a LXe da ~200kg (EXO-200) per misurare la vita media del decadimento $2\nu\beta\beta$ dello ^{136}Xe con sensibilità comparabile a quella del decadimento $0\nu\beta\beta$
- Ba tagging (Costruire una trappola capace di identificare i singoli ioni Ba. Sviluppare un metodo di trasferimento degli ioni Ba dal LXe alla trappola. Dimostrare la possibilità di trasferire e rivelare gli ioni Ba con alta efficienza)
- Costruire un esperimento di massa ~ 1 ton che utilizzi questa tecnica di Ba-tagging

EXO sensitivity

200 kg di Xe arricchito all'80% in ^{136}Xe

Background: 20 events/year nell'intervallo $\pm 2\sigma$ intorno a 2457.9(0.4) keV

Background trascurabile dal decadimento $2\nu\beta\beta$ ($T_{1/2} > 1 \cdot 10^{22}$ yr) Radioactive background eliminato dal Ba tagging

	Mass a (ton)	Eff. (%)	Time (y)	σ_E/E 2.5MeV (%)	$2\nu\beta\beta$ Background (events)	$T_{1/2}^{0\nu}$ (y, 90%CL)	Majorana mass (meV) QRPA NSM	
EXO-200	0.2	70	2	1.6	40	$6.4 \cdot 10^{25}$	0.27	0.38
EXO Conservative	1	70	5	1.6*	0.5 (use 1)	$2 \cdot 10^{27}$	0.05	0.068
EXO Aggressive	10	70	10	1[†]	0.7 (use 1)	$4.1 \cdot 10^{28}$	0.011	0.015

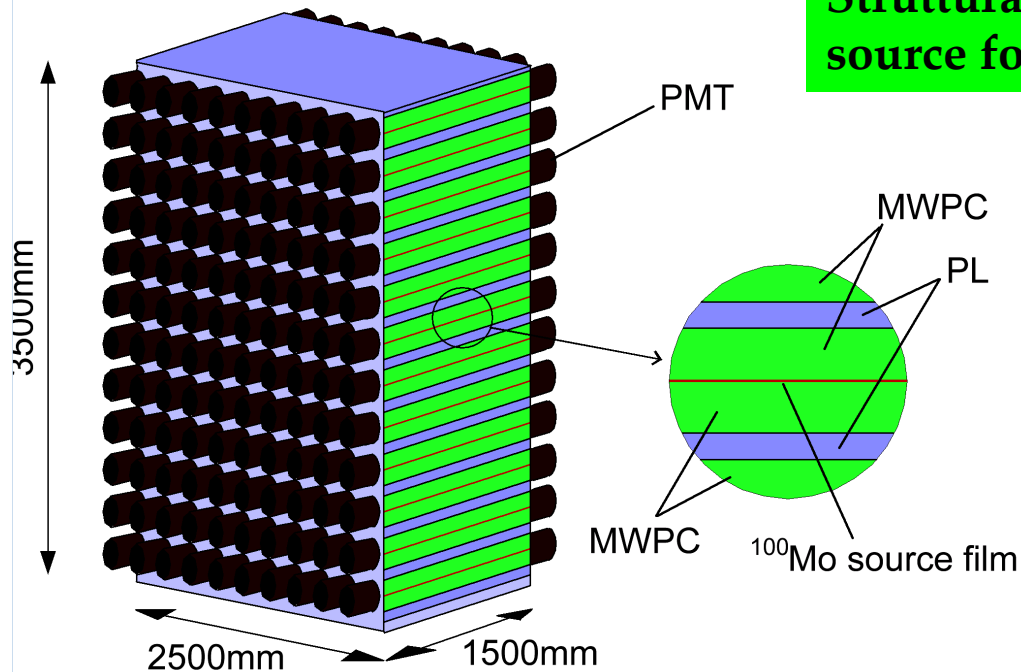
$\sigma(E)/E = 1.4\%$ ottenuta in EXO R&D, Conti et al Phys Rev B 68 (2003) 054201

$\sigma(E)/E = 1.0\%$ considerata aggressiva ma realistica

[da K. O'Sullivan, presentazione a TAUP2007]

MOON

Struttura a strati: source foils + scintillators + wire chambers



- diversi isotopi $\beta\beta$ emettitori
- misura dell'energia e della correlazione angolare
- discriminazione $\beta\beta$ vs background
con informazione su E , t , posizione

Struttura compatta e modulare

- scalabile da sub-tons a multi-tons
- facile da schermare dal fondo esterno e interno
- grande accettazione

Road map

Fase	$N_{bb} [t] \times T [y]$	$T_{1/2} 10^{26} [y]$	$\langle m_\nu \rangle [\text{meV}]$			
			^{82}Se		^{100}Mo	
I	0.03×4	0.9	113	105	122	107
II	0.12×4	3.5	66	59	76	66
III	0.48×4	10.1	40	34	49	41

FWHM= 5% or 4% @ 3MeV

[da T. Shima, presentazione a TAUP2007]

COBRA

Array di rivelatori a semiconduttore **CdZnTe**

Candidato principale per $0\nu\beta\beta$ -decay: ^{116}Cd

Endpoint = 2805 keV - Arricchimento: 90%

Favorevole $G_{0\nu} |M_{0\nu}|^2 \rightarrow T_{1/2} \sim 10^{26} \text{ y}$ per 50 meV

Altro candidato: ^{106}Cd

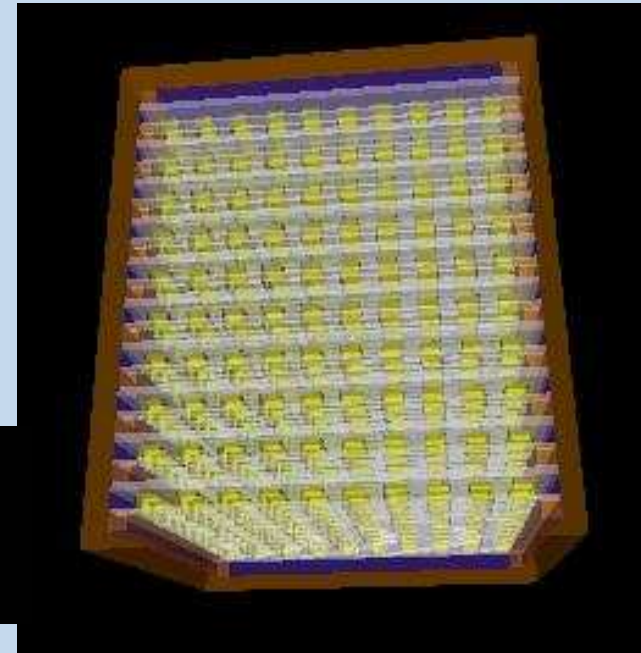
Endpoint = 2771 keV EC/EC, β^+/EC , $\beta^+\beta^+$

β^+/EC – aumenta la sensibilità per le correnti deboli RH

64,000 1cm^3 crystals = 418 kg

Background $< 0.001 \text{ counts keV}^{-1}\text{kg}^{-1}\text{year}^{-1}$

Energy Resolution $< 2\%$



COBRA @ LNGS

Prototipo 2×2 – limiti pubblicati

Prototipo 4×4 installato – nuovi risultati

Next step: $4\times 4\times 4$ (64-Array)

Work in progress $\rightarrow$ riduzione del fondo

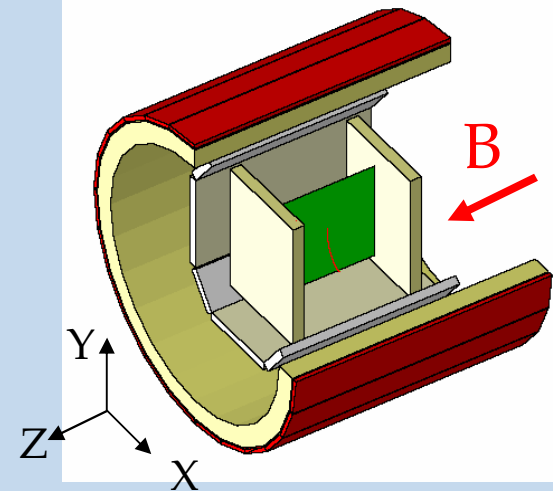
[da J. Wilson, presentazione a TAUP2007]



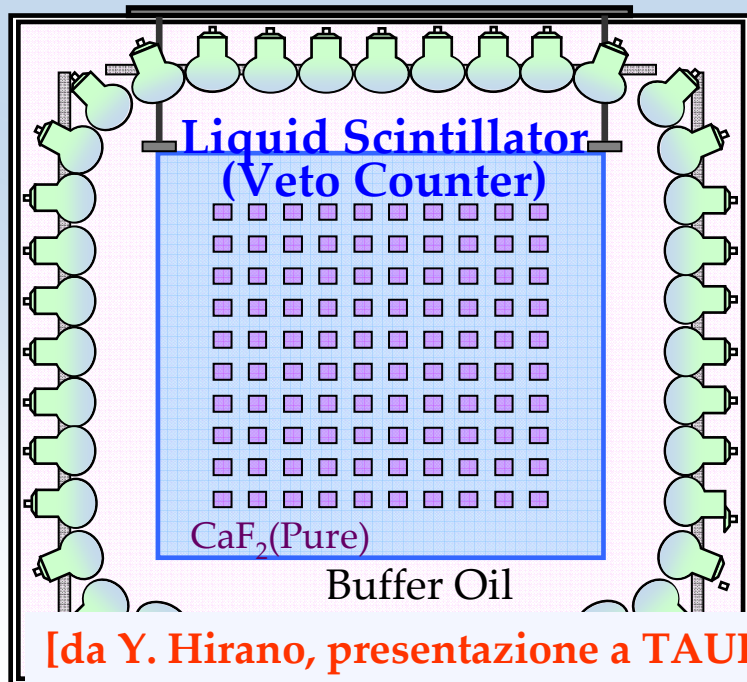
DCBA: Drift Chamber Beta-ray Analyzer

[da N. Ishihara, presentazione a TAUP2007]

- ◆ DCBA (Drift Chamber Beta-ray Analyzer) R&D per la costruzione di un futuro rivelatore MTD (Magnetic Tracking Detector).
- ◆ DCBA-T2 ha mostrato che la risoluzione energetica è circa 150 keV (FWHM) a 980 keV, e gli eventi di fondo sono chiaramente identificati.
- ◆ DCBA-T3 sarà costruito nel 2007 e operativo nel 2008. Il goal sulla risoluzione energetica è circa 80 keV (FWHM) a 980 keV.
- ◆ Nuova collaborazione internazionale MTD con sensibilità intorno a 30 meV.



CANDLES (^{48}Ca)



[da Y. Hirano, presentazione a TAUP2007]

Active Shielding: chiara discriminazione tra segnali in CaF_2 e scintillatore grazie alle diverse costanti di tempo

(Prototipo) CANDLES III (sea level)

- CaF_2 (10cm^3) 191 kg
- CANDLES III (U.G.)
 - Kamioka underground lab. (estate 2008)
 - CaF_2 300 kg $\sim 30 \mu\text{Bq/kg}$ for $\sim 0.5 \text{ eV}$
- CANDLES IV
 - Several tons;
 - $\sim 3 \mu\text{Bq/kg}$ for $\sim 0.1 \text{ eV}$ in 6 yrs
- CANDLES V
 - 100 t; Kamland or ??? for $\sim 30 \text{ meV}$ in 7 yrs
 - enrichment (under investigation)

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.