

PRIN2017: attività a Milano Bicocca

Meeting PRIN, 1 Marzo 2023

F. Terranova

Obiettivi principali

Milano Bicocca (RU4) contribuisce attraverso la realizzazione di un sistema criogenico che permetta di testare i dispositivi realizzati nell'ambito PRIN (e DUNE) sul lato ottico (scintillazione) senza testare la risposta in carica della TPC

- Nei piani originari (2020) il sistema di Unimib sarebbe dovuto essere un sistema completo carica+luce ma nel corso del progetto è emersa la possibilità di usare ARTIC (Unige) per questo sistema
- Il sistema effettivamente realizzato nel 2021 e commissionato nel 2022, pertanto, permette il test dei SiPM producendo luce di scintillazione dall'argon liquido prodotta
 - Da una sorgente alpha che può essere movimentata all'interno del criostato
 - Da sorgenti gamma esterne al criostato
 - Da raggi cosmici (senza – al momento – un muon telescope)

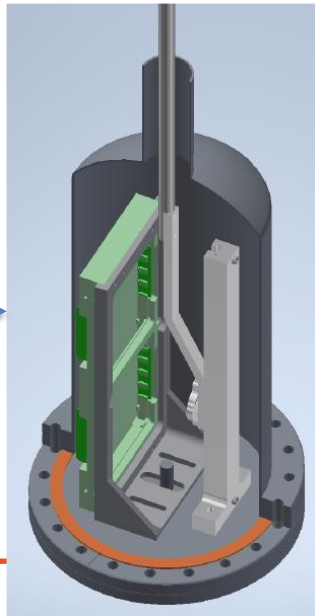
Il setup criogenico



Dimensioni camera «piccola» (2021): diametro 250 mm, altezza 310 mm. Utilizzata per testare le X-ARAPUCA di LBND nella fase preparatoria

Volume: 5 litri

Raffreddamento: la camera in acciaio è evacuabile e può essere raffreddata immergendola in un bagno di argon commerciale in modo da raggiungere la temperatura di evaporazione dell'argon liquido (87 K)



Liquidi criogenici:

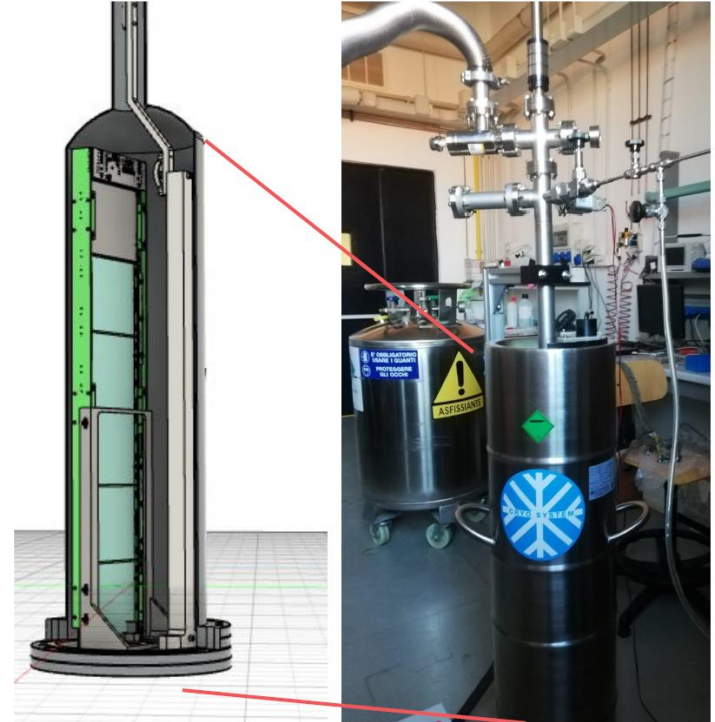
- Argon 6.0 per la camera in acciaio, iniettato dall'alto
- Argon commerciale nel bagno esterno
- Nessun sistema di ricircolo (v. dopo)

Il sistema attuale

Il sistema è stato validato durante le misure dell'efficienza assoluta di raccolta della luce con le supercell del PDS di DUNE (Horizontal Drift) e una camera capace di opsitare l'intera supercell (50 cm) nel 2020

Sorgente: ^{141}Am con attività di 3.7 kBq (parzialmente schermata per ridurre il photon rate)

Movimentatore: distanza dalla supercell di 55 mm, raggiunge l'intera estensione verticale della supercell con un braccio di circa 50 cm



Il sistema attuale non ha una calibrazione assoluta della luce prodotta in argon basata, per esempio su un fotodiode calibrato. Tuttavia la purezza dell'argon può essere inferita misurando **la vita media di tripletto che dipende dalla quantità di impurezze**

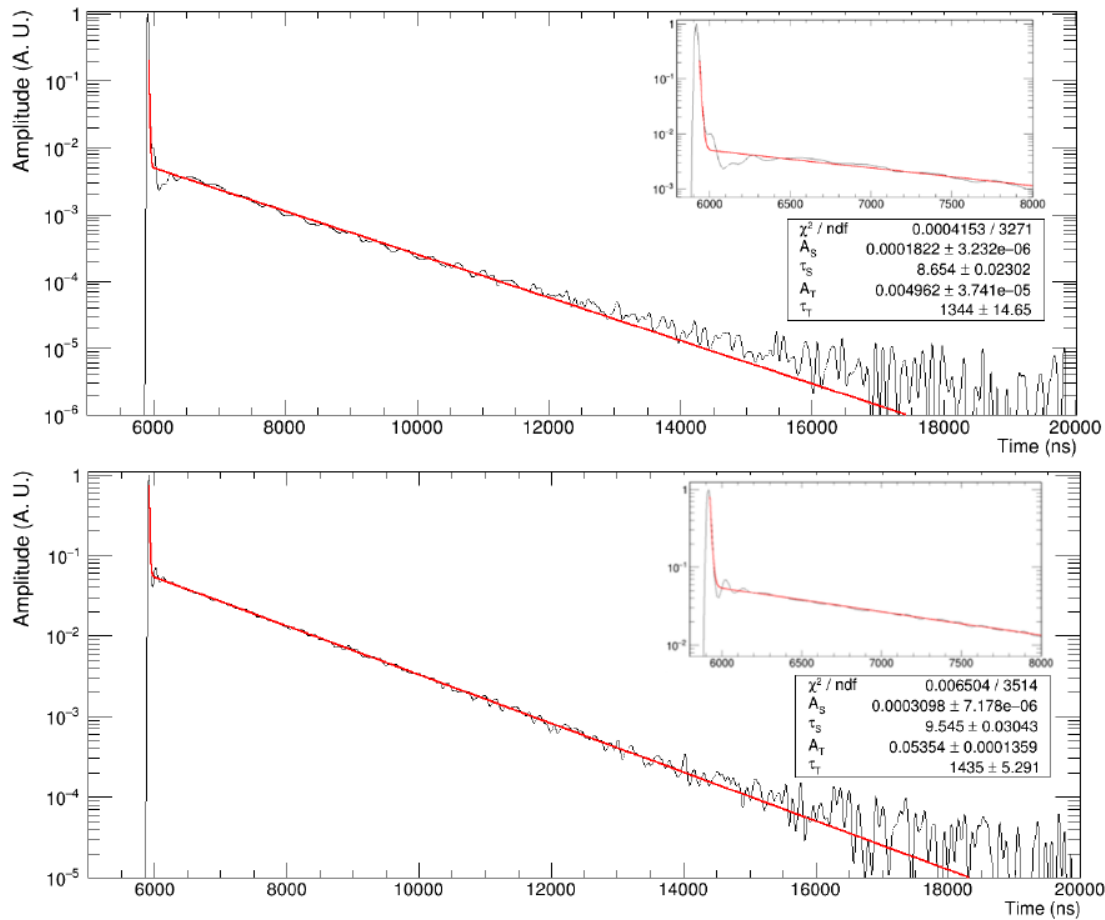


Figure 13. The deconvolved averaged waveforms of α -particles (top) and muons (bottom). A fit of two exponential is made to retrieve the triplet time constant (τ_T). The same fit is displayed with a zoom on the top right corner.

Riproducibilità dei run

Table 1. The singlet and triplet decay time constants (τ_S and τ_T) and their relative amplitudes (A_S and A_T) from the waveforms fit for each liquefaction and their averaged values.

		τ_S (ns)	τ_T (ns)	A_S	A_T	A_S/A_T
α	EJ-286 w.o. Vikuiti	9.3 ± 0.9	1287 ± 35	0.76 ± 0.06	0.24 ± 0.03	3.10 ± 0.42
	EJ-286 w. Vikuiti	11.9 ± 1.8	1286 ± 37	0.77 ± 0.06	0.23 ± 0.03	3.41 ± 0.51
	FB118 w. Vikuiti	7.8 ± 1.8	1331 ± 22	0.79 ± 0.07	0.21 ± 0.03	3.67 ± 0.58
	Average	9.7 ± 3.0	1294 ± 35	0.77 ± 0.04	0.23 ± 0.02	3.35 ± 0.28
μ	EJ-286 w.o. Vikuiti	10.6 ± 0.5	1371 ± 18	0.22 ± 0.04	0.78 ± 0.10	0.28 ± 0.07
	EJ-286 w. Vikuiti	9.6 ± 0.1	1411 ± 33	0.23 ± 0.05	0.77 ± 0.11	0.29 ± 0.08
	FB118 w. Vikuiti	10.6 ± 4.4	1459 ± 35	0.23 ± 0.05	0.77 ± 0.11	0.30 ± 0.08
	Average	10.2 ± 5.1	1414 ± 21	0.18 ± 0.03	0.82 ± 0.04	0.29 ± 0.03

La mancanza del sistema di ricircolo introduce una variabilità della purezza in funzione del run ma la corrispondente correzione è piccola e può essere ben monitorata

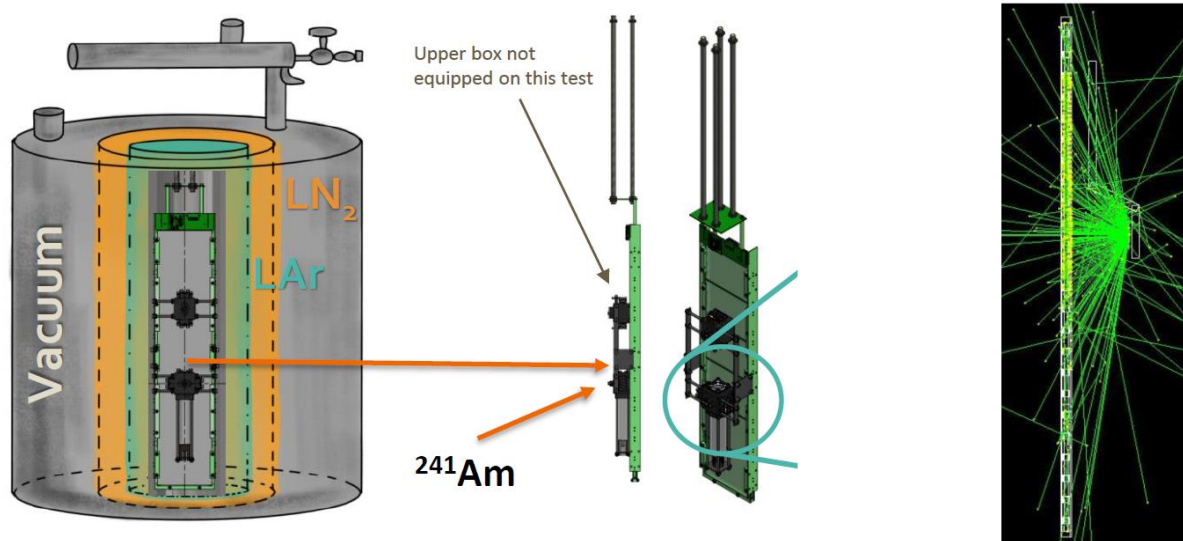
The re-normalization factor (P_{LAR}) accounts for the fraction of the triplet component lost by impurities in LAr:

$$P_{LAR} = \left(0.77 + 0.23 \times \frac{\tau_T}{1414 \text{ ns}} \right)^{-1}, \quad (7.1)$$

where $\tau_T = 1294 \pm 35$ ns is the measured triplet time constant. Assuming the singlet and triplet contributions to be 0.77 and 0.23 and the theoretical triplet time constant of 1414 ns [9, 22, 23], P_{LAR} maximum values is +2.6%.

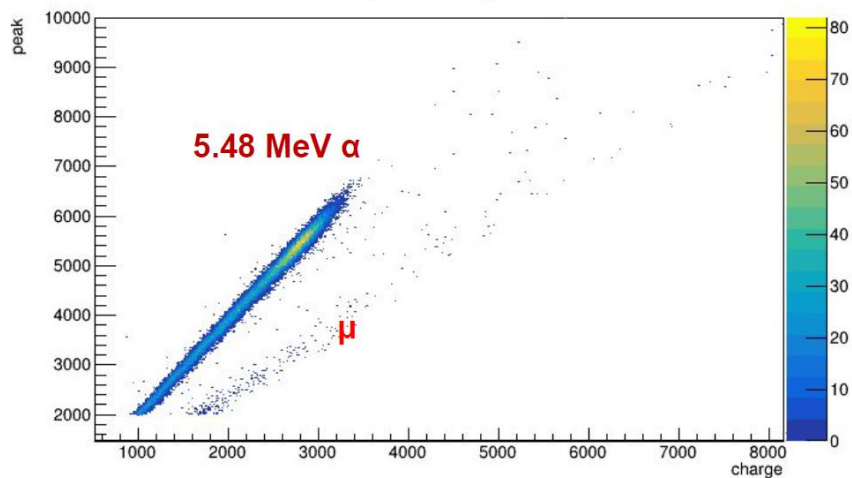
Validazione

L'intero sistema è stato validato misurando alcune delle supercell installate in ProtoDUNE-SP usando il sistema di Milano Bicocca e quello di CIEMAT. Il sistema di CIEMAT non è equipaggiato con un movimentatore ma ha un fotodiodo calibrato per le misure assolute di yield di scintillazione



La comparazione Unimib CIEMAT ha permesso di validare sia il sistema di correzione della purezza sia la simulazione. L'intero setup di Bicocca è oggi simulato con GEANT4 per il calcolo preciso dell'efficienza geometrica (+ effetti subdominanti di riflessione).

Risultati



(PDE 45%)	X-Arapuca absolute efficiency (%)	
	Baseline	Simulation
FBK + EJ	1.95 ± 0.29	1.42 ± 0.44
HPK + EJ	2.19 ± 0.31	1.65 ± 0.43
HPK + G2P	2.96 ± 0.42	2.20 ± 0.63

		OV	PDE	Uncorrected ϵ_{XA}	Measured Xtalk	P_{LAr}	Position systematic	Corrected ϵ_{XA} x talk only	Corrected ϵ_{XA} x talk and P_{LAr}	Corrected geometric acceptance (MC)
this work	HPK** & G2P	3.0V	50%	1.94 (0.03)	6.62%	TBD	0.08	1.82 (0.08)		2.5 (0.16)
	FBK*** & G2P	4.5V	45%	1.72 (0.03)	15.7%	1.06	0.10	1.49 (0.10)	1.58 (0.10)	2.1 (0.23)
	FBK*** & Eljen	4.5V	45%	1.50 (0.02)	15.7%	TBD	0.06	1.29 (0.07)		1.8 (0.18)
JINST work	HPK commercial*	2.7V	45%	3.5 (0.1)	22%			2.9 (0.1)		

Conclusioni

Milano Bicocca possiede oggi un sistema per la caratterizzazione di SiPM criogenici con l'affidabilità necessaria per gli scopi originari del progetto

- Sorgenti radioattive che possono essere movimentate all'interno della camera
- Calibrazione assoluta del light yield attraverso la misura della vita media di tripletto
- Simulazione completa in GEANT4 che è in corso di validazione con i test delle supercell pensate per ProtoDUNE-VD

E' un sistema che può essere rendicontato ai fini del progetto e che, se necessario, può essere utilizzato come step intermedio prima di accedere a ARTIC