

Borsa di Studio finanziata da fondi PNRR ex D.M. 117 del 02/03/2023 e da Institute of High Energy Physics

**Missione 4,
componente 1,
linea di
investimento 3.3**

Dottorati innovativi che rispondono ai fabbisogni di innovazione delle imprese

Tematica di Ricerca

ISO-SPECT - Sensore e sistema di lettura integrati per tomografia computerizzata a singolo fotone

English version

ISO-SPECT - Integrated Sensor and readOut for Single Photon Computed Tomography

Dottorato di Ricerca

ITALIANO: Fisica – Ciclo di dottorato XXIX

Physics

ENGLISH:

Tipologia di Impresa e mesi frequenza obbligatoria (se previsto)

Institute of High Energy Physics of Chinese Academy of Science
Mesi 6 (min 6 – max 18)

Mesi frequenza obbligatoria all'estero

Mesi 6 (min 6 – max 18)

Obiettivi generali della ricerca

Il progetto ha come obiettivo il disegno, l'assemblaggio e la caratterizzazione di un sistema basato su sensori di tellurio di cadmio zincato (CZT) da utilizzare nella tomografia computerizzata a emissione singola di fotoni (SPECT) per la ricostruzione di immagini in ambito medico. Il progetto di ricerca prevede tre fasi fondamentali:

Task 1 (simulazione dei sensori e dell'elettronica) si basa sullo studio del segnale e del fondo proveniente dai sensori CZT mediante tecniche Monte Carlo (MC) e di elaborazione del segnale digitale. Tecniche MC sono anche usate per studiare le prestazioni del sistema. Questa attività sarà svolta durante la permanenza all'IHEP.

Task 2 (progettazione e costruzione del sistema) ha l'obiettivo di progettare e costruire il modulo base ISO-SPECT. Partendo dai moduli già sviluppati, il software di acquisizione dati e monitoraggio online per il modulo in fase di studio dovrà essere ottimizzato. Questa attività sarà svolta presso il dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Ferrara e procederà parallelamente al Task 1 durante i primi due anni del dottorato di ricerca.

Task 3 (ricostruzione e caratterizzazione dell'immagine) L'obiettivo del progetto ISO-SPECT consiste nel validare il sistema di lettura proposto. Durante l'ultimo anno del dottorato di ricerca, è prevista un'accurata caratterizzazione del modulo base in laboratorio mediante l'utilizzo di raggi X e sorgenti radioattive. Inoltre,



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi
di Ferrara

Lo sviluppo di algoritmi, includendo anche tecniche di machine learning, per la ricostruzione delle immagini e la convalida del sistema è una delle componenti centrali del progetto ISO-SPECT.

Sulla base di studi preliminari, ISO-SPECT prevede di raggiungere una risoluzione in energia di circa il 2-3% a 140 keV (linea spettrale del tellurio-99) con un timestamp allo stato dell'arte (circa 3 ns). Il progetto potrà beneficiare dell'esperienza dei ricercatori dell'INFN, delle competenze del personale dell'IHEP e di UCAS, oltre a beneficiare delle molteplici risorse in termini di attrezzature e strutture. In aggiunta ai 6 mesi presso i laboratori dell'IHEP, l'attività di ricerca prevede un periodo di formazione avanzata dedicata: almeno 2 mesi presso UCAS per lo sviluppo del codice di ricostruzione, 2 mesi al CERN per la caratterizzazione dell'elettronica e un mese per partecipazione a scuole di rivelatori ed elettronica e per la partecipazione a conferenze internazionali.

English version

The project aims to design, assembly, and characterize a system based on Cadmium Zinc Telluride (CZT) sensors for use in single-photon emission computed tomography (SPECT) for medical imaging. The project includes three tasks:

Task 1 (sensor and electronics simulation) is focused on the study of CZT sensor signals and noise using Monte Carlo (MC) tools and digital signal processing techniques. The MC tools are also used to evaluate the performance of the system. This first activity will be performed during the 6 months of staying at the IHEP.

Task 2 (system design and construction) aims to design and construct the ISO-SPECT base module. The data acquisition and online monitoring software will be optimized for the system under study starting from modules already developed. This activity will be carried out in the Physics and Earth Science Department of the University of Ferrara and will proceed in parallel with Task 1 during the first two years of the PhD program.

Task 3 (image reconstruction and characterization). The goal of ISO-SPECT is to provide a proof of concept for the proposed readout system. A thorough characterization will be performed, during the last year of the PhD, in the laboratory using X-ray tubes and radioactive sources. The development of algorithms, including the use of machine learning techniques, for image reconstruction and validation of the system is the core component of the ISO-SPECT project.

Based on preliminary studies, ISO-SPECT plans to achieve ~2-3% energy resolution at 140 keV (Tc99 spectral line) with state-of-the-art timestamp information (~3 ns). The project will profit from the experience of the INFN researchers, IHEP and UCAS staff expertise, as well as will be taking advantages from multiple resources in terms of facilities and equipment. In addition to the 6 months at IHEP laboratories, the research foresees advanced dedicated training: at least 3 months at UCAS for the development of reconstruction software, 2 months at CERN for the characterization of the electronics and one month for attending detectors and electronics schools and international conferences.

Impatto in relazione a uno o più dei seguenti fattori: (i) miglioramento della sostenibilità ambientale; (ii) accelerazione di processi di trasformazione digitale; (iii) promozione dell'inclusione sociale

Il Progetto è perfettamente in linea con gli obiettivi del PNRR per il settore biomedico con lo sviluppo di sistemi diagnostici di precisione. Lo sviluppo di queste nuove tecnologie ha importanti applicazioni nello studio di patologie nell'ambito delle neuroscienze cliniche e per sviluppo di terapie innovative. Il sistema di lettura del segnale, disegnato per i rivelatori di particelle, può arrivare ad una frequenza fino a 70 kHz, il che



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università
degli Studi
di Ferrara

permette una riduzione significativa dell'esposizione del paziente e un incremento significativo nella sensibilità rispetto alle soluzioni attualmente presenti sul mercato. Ciò consente anche l'uso più efficiente di isotopi a vita media più breve con un significativo impatto sulla sostenibilità ambientale. Inoltre, lo sviluppo di algoritmi dedicati per la ricostruzione e la validazione di immagini, assieme all'utilizzo di tecniche di machine learning, contribuisce ad accelerare i processi di trasformazione digitale attualmente in corso.

English

The project is fully in line with the objectives of the PNRR for the biomedical sector with the development of precision diagnostic systems. The developed technology will have important applications in clinical neuroscience for the study of pathologies and the development of innovative therapies. The signal readout system, designed for particle detectors, can capture each pixel at a rate of up to 70 kHz, which can lead to a significant reduction in patient exposure and a significant improvement in sensitivity compared to market-ready solutions. This will also enable the efficient use of shorter lifetime isotopes with a huge impact on the improvement of environmental sustainability. In addition, the development of dedicated algorithm for imaging reconstruction and validation, together with use of machine learning technique, contributes to speed up digitization processes.