

Radiazioni - Ricerca e Applicazioni



Vol XXII n. 1 e 2, Aprile-Agosto 2019

Pubblicazione periodica quadrimestrale

Editrice: Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni

Registrazione del Tribunale di Roma n. 406 del 6 Agosto 1998

Direttore Responsabile

Francesca Ballarini, Università degli Studi di Pavia e INFN-Sezione di Pavia

e-mail: francesca.ballarini@unipv.it Tel.: 0382 987949

Comitato di Redazione

Il comitato di redazione coincide con il Consiglio Direttivo SIRR: Mariagabriella Pugliese (*Presidente*), Francesca Antonelli, Francesca Ballarini, Francesco Berardinelli, Silva Bortolussi, Francesco Cammarata, Valentina Dini, Romano Lista, Mario Mariani, Roberta Pozzi

SOMMARIO

ARTICOLI SCIENTIFICI

Caratterizzazione di un rivelatore HPGe per Prompt Gamma Neutron Activation Analysis, Cesare Barbستا

REPORT DI CONVEGNI

I giornata monotematica SIRR (Catania, 9 maggio 2019), a cura di F. Cammarata

II giornata SIRR - Workshop SIRR-ICEmB "IR & NIR indoor" (Napoli, 9 luglio 2019), a cura di F. Ballarini

NEWS DALLA SIRR

- *Borsa di studio per laureandi per periodi all'estero*
- *"Call for papers" per i prossimi numeri della rivista*

CONFERENZE e SCUOLE

III GIORNATA SIRR (Venezia, 2 dicembre 2019) – primo annuncio

Caratterizzazione di un rivelatore HPGe per Prompt Gamma Neutron Activation Analysis

Cesare Barbesta

Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pavia & INFN, sezione di Pavia
c.barbesta@gmail.com

Abstract

Il lavoro presentato in questo articolo si inserisce nell'ambito del progetto INFN *CHNET TANDEM* (*Cultural Heritage NETWORK, Tecniche di Analisi Non Distruttive per l'archeometria*), che si propone di implementare nuove tecniche di analisi applicabili in archeometria per la caratterizzazione elementare di campioni archeologici. In particolare, lo scopo del progetto è l'ottimizzazione di due tecniche non invasive: la Spettroscopia Muonica e la *Prompt Gamma Neutron Activation Analysis* (PGNAA). Entrambe si basano sulla rivelazione di emissioni prompt di radiazione elettromagnetica: nel primo caso di tipo atomico (muonico), nel secondo di tipo nucleare.

Presso il LENA (Laboratorio Energia Nucleare Applicata) dell'Università degli Studi di Pavia è stata realizzata una facility in grado di eseguire la PGNAA. In questa struttura i campioni archeologici vengono esposti a un fascio di neutroni termici in uscita dal reattore nucleare di ricerca *TRIGA Mark II* e i fotoni prompt emessi dai processi di cattura neutronica radiativa vengono rivelati con un detector al germanio ad alta purezza (HPGe). Nel seguito verranno illustrate la caratterizzazione e l'ottimizzazione di tale apparato di rivelazione HPGe, elemento essenziale della struttura per PGNAA. La caratterizzazione è stata eseguita sia sperimentalmente con l'ausilio di una sorgente radioattiva di calibrazione, sia tramite simulazioni Monte Carlo con il codice MCNP. Il lavoro ha previsto in primo luogo la determinazione della tensione e del rise time che massimizzano il volume sensibile e la risoluzione del cristallo di Ge e in secondo luogo le calibrazioni in energia, in risoluzione e in efficienza (assoluta e intrinseca), necessarie per determinare la risposta del rivelatore al campo di fotoni incidenti.

Struttura per PGNAA al LENA

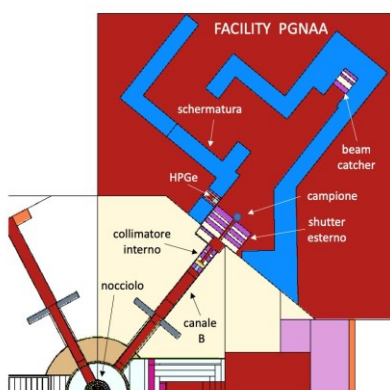


Figura 1: Facility per PGNAA al LENA di Pavia.

La PGNAA è una tecnica che prevede l'irraggiamento del campione da studiare con un fascio di neutroni termici e l'analisi tramite spettroscopia gamma dei fotoni prompt emessi durante le reazioni di cattura neutronica che avvengono nel campione irraggiato (emissione per diseccitazione nucleare); si tratta quindi della seguente tipologia di reazioni nucleari:

$${}^A_ZX(n, \gamma) {}^{A+1}_ZX$$

Lo studio degli spettri dei fotoni prompt permette di determinarne l'energia e l'intensità, da cui è possibile risalire a quale sia il tipo di nucleo responsabile dell'emissione e alla composizione isotopica del campione in esame.

Lo schema della facility realizzata al LENA e dedicata all'analisi prompt gamma è mostrato nella Figura 1: i campioni archeologici vengono esposti a un fascio di neutroni con elevata componente

termica in uscita dal canale B del reattore nucleare TRIGA Mark II e con il rivelatore HPGe vengono rivelati i fotoni prompt emessi dai campioni irraggiati.

Caratterizzazione del rivelatore HPGe

Per la caratterizzazione del rivelatore HPGe è stata utilizzata la catena di acquisizione per spettroscopia gamma schematizzata nella Figura 2, i cui componenti fondamentali sono il rivelatore al germanio e lo spettrometro gamma DSPEC-LF.

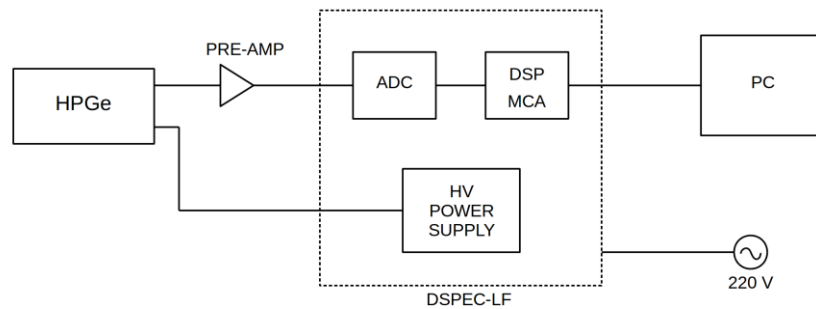


Figura 2: Schema della catena di acquisizione utilizzata per le misure di spettrometria gamma.

Il detector HPGe utilizzato è un rivelatore a stato solido costituito da un cristallo di germanio ad alta purezza ed è di tipo REGe, ovvero con geometria coassiale a elettrodo invertito: l'elettrodo positivo è situato sulla superficie esterna del cristallo di Ge, mentre l'elettrodo negativo si trova sulla superficie del foro ricavato all'interno del cristallo. Questa geometria conferisce al rivelatore una maggiore resistenza ai danni da radiazioni. Inoltre il cristallo viene costantemente raffreddato con azoto liquido per ridurre la generazione termica di portatori di carica.

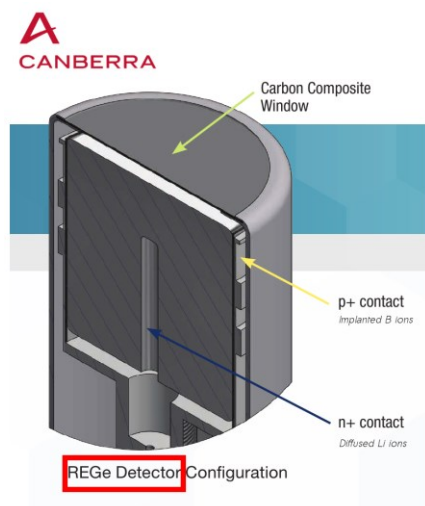


Figura 4: Sezione verticale del rivelatore HPGe.



Figura 3: HPGe Canberra GR2519.

Il componente della catena di acquisizione che elabora il segnale proveniente dal rivelatore HPGe è lo spettrometro gamma, un dispositivo elettronico costituito dai seguenti componenti: l'alimentatore, per fornire l'alta tensione agli elettrodi (necessaria per creare il campo elettrico che raccoglie le cariche prodotte nel rivelatore durante le interazioni della radiazione incidente), l'ADC, che digitalizza il segnale di tensione analogico uscente dal preamplificatore, e il sistema elettronico

DSP-MCA, che elabora gli impulsi di tensione digitalizzati e li distribuisce nei vari canali dello spettro gamma visualizzato sul pc. Questo strumento è completamente controllabile tramite i software per spettroscopia gamma, come Ortec MAESTRO (utilizzato in questo lavoro).

La sorgente radioattiva impiegata per la caratterizzazione è una sorgente multi-gamma di calibrazione. Durante le misure la sorgente è stata posizionata a una distanza dal cristallo di germanio tale da avere un tempo morto inferiore al 5% (circa 4 cm).

La caratterizzazione del HPGe ha previsto la determinazione delle seguenti caratteristiche del rivelatore:

- il valore della **tensione di alimentazione** che massimizza il volume attivo e la risoluzione;
- il valore del **rise time** che massimizza l'efficienza di conteggio e la risoluzione;
- la **curva della risoluzione** in funzione dell'energia dei fotoni rivelati;
- la **curva di efficienza** assoluta e di efficienza intrinseca.

Per determinare la tensione ottimale da applicare agli elettrodi del cristallo, sono stati acquisiti diversi spettri della sorgente multi-gamma, variando ad ogni acquisizione unicamente il valore della tensione fornita al cristallo, nell'intervallo da -500 V a -4000 V (passo: 100 V, durata di ciascuna acquisizione: 800 s).

Il primo passo per l'analisi degli spettri è la *calibrazione in energia*, necessaria per determinare la relazione tra i canali dello spettro gamma e l'energia dei fotoni rivelati. Il valore dei parametri della curva di calibrazione (quadratica) dipende dal valore della tensione fornita, perciò è stato necessario effettuare la calibrazione in energia per ognuno degli spettri acquisiti.

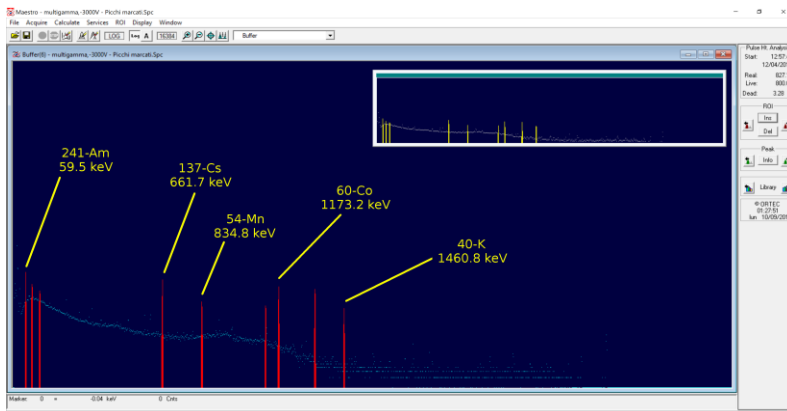


Figura 5: Esempio di spettro gamma, acquisito applicando una tensione di alimentazione di -3000 V al HPGe. Sono stati evidenziati i picchi dei diversi radionuclidi contenuti nella sorgente multi-gamma utilizzata (software: Ortec)

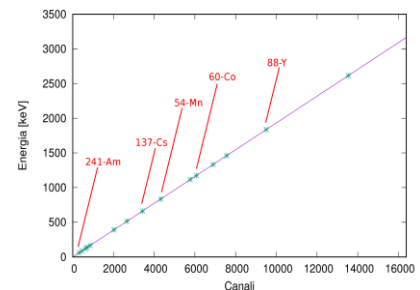
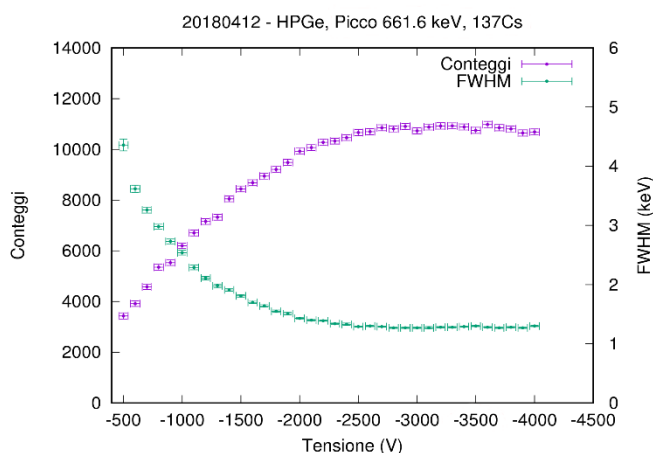


Figura 6: Calibrazione quadratica in energia del HPGe (HV: -3000 V); funzione di fit: $E = a_0 + a_1C + a_2C^2$ (software: Gnuplot).

Tramite il software MAESTRO è stato ottenuto il numero dei conteggi netti sottratti da ogni fotopicco presente negli spettri acquisiti.

Inoltre è stato effettuato il fit gaussiano di ogni fotopicco per stimarne la larghezza a metà altezza (FWHM), che indica la risoluzione del rivelatore in corrispondenza dell'energia del fotopicco considerato.

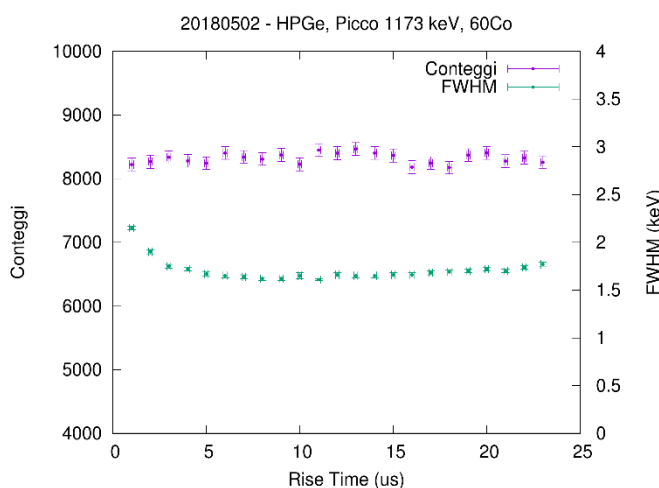
Il grafico sottostante riporta i risultati ottenuti per il fotopicco del radionuclide ^{137}Cs : mostra l'andamento dei conteggi netti sottratti dal picco e della sua larghezza a metà altezza, in funzione della tensione applicata al rivelatore. Grafici analoghi sono stati ottenuti per gli altri radionuclidi contenuti nella sorgente multi-gamma. Alla luce di questi risultati, per le successive fasi di questo lavoro si è deciso di applicare agli elettrodi del rivelatore una tensione di -3500 V, poiché in corrispondenza di questo valore il numero di conteggi è massimo e la larghezza a metà altezza è minima (ovvero la risoluzione del rivelatore è massima), per tutti i fotopicchi analizzati.



Grafici analoghi sono stati ottenuti per gli altri radionuclidi contenuti nella sorgente multi-gamma. Alla luce di questi risultati, per le successive fasi di questo lavoro si è deciso di applicare agli elettrodi del rivelatore una tensione di -3500 V, poiché in corrispondenza di questo valore il numero di conteggi è massimo e la larghezza a metà altezza è minima (ovvero la risoluzione del rivelatore è massima), per tutti i fotopicchi analizzati.

Il rise time è un parametro temporale che interviene nella fase di elaborazione elettronica del segnale digitalizzato all'interno del DSP (nello spettrometro gamma) e determina la rapidità di crescita della forma funzionale (trapezioide, approssimazione della gaussiana) con cui vengono modellati gli impulsi provenienti dal preamplificatore.

Una scelta ottimale del rise time permette di massimizzare il rapporto segnale/rumore e la risoluzione del rivelatore. Per la determinazione del valore ottimale del rise time della catena di acquisizione è stato seguito un procedimento analogo a quello appena descritto per la tensione: sono stati acquisiti diversi spettri della sorgente multi-gamma, variando ad ogni acquisizione unicamente il valore del rise time (da $1\ \mu\text{s}$ a $23\ \mu\text{s}$; passo: $1\ \mu\text{s}$; durata di ciascuna acquisizione: 800 s). Per ognuno degli spettri acquisiti sono stati eseguiti la calibrazione in energia e i fit gaussiani dei fotopicchi.



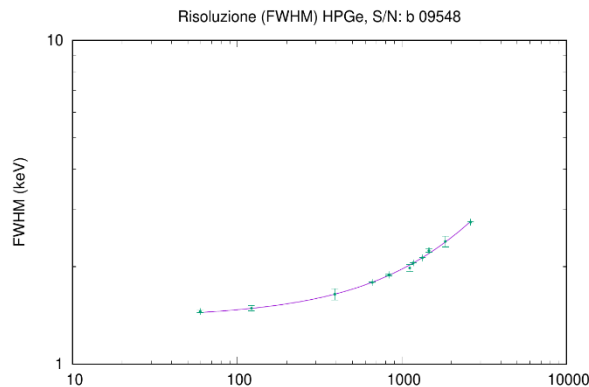
Il grafico a lato mostra, per il fotopicco del radionuclide ^{60}Co , l'andamento dei conteggi netti e della larghezza a metà altezza, in funzione del valore del rise time impostato. In base ai risultati ottenuti, si può considerare ottimale un rise time pari a $8\ \mu\text{s}$, poiché in corrispondenza di questo valore la risoluzione del rivelatore è massima, per tutti i fotopicchi analizzati.

Impostando i valori ottimali trovati per la tensione di alimentazione e il rise time è stata effettuata una lunga acquisizione (durata: 250000 s) e dallo spettro gamma ottenuto sono state ricavate sia la curva della risoluzione, sia quella dell'efficienza del rivelatore, in funzione dell'energia dei fotoni. I fotopicchi analizzati sono distribuiti nel range di energia compreso tra 59.5 keV (fotopicco del ^{241}Am) e 2614.5 keV (fotopicco del ^{208}Tl).

Per determinare la curva della risoluzione del rivelatore HPGe è stato seguito il seguente procedimento: dopo aver eseguito la calibrazione in energia, sono stati effettuati i fit gaussiani dei fotopicchi presenti nello spettro, per ricavarne la larghezza a metà altezza. Il risultato è mostrato nel grafico sottostante; il fit dei punti sperimentali è stato eseguito con la funzione indicata, in cui E è l'energia dei fotoni rivelati e i valori dei coefficienti a, b, c sono stati stimati con una procedura di

fit. La curva di best fit ottenuta è in buon accordo con l'andamento della curva della risoluzione dichiarata dal produttore e ha come scopo quello di agevolare l'interpolazione dei valori della FWHM, in corrispondenza di energie diverse da quelle presenti nei punti in grafico.

L'efficienza assoluta si ottiene dal rapporto tra il numero di conteggi netti sottesi dal fotopicco di energia E e il numero di fotoni della stessa energia E emessi dalla sorgente radioattiva. Il grafico sottostante mostra i valori ottenuti per l'efficienza assoluta del rivelatore in funzione dell'energia dei fotoni, e la relativa curva di best fit, descritta dalla funzione indicata (funzione polinomiale nel grafico bi-logaritmico). Quindi con la sorgente radioattiva utilizzata è stato possibile ottenere l'efficienza del rivelatore HPGe fino a circa 2 MeV (in corrispondenza del picco del radionuclide ^{88}Y).



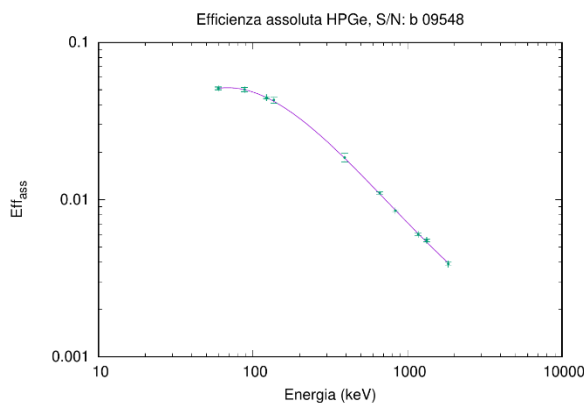
$$f(E) = a\sqrt{E} + bE + c$$

$$a = (0.005 \pm 0.001) \text{ keV}^{1/2}$$

$$b = (0.00043 \pm 0.00002)$$

$$c = (1.38 \pm 0.02) \text{ keV}$$

Software: Gnuplot



$$\ln \epsilon_a(E) = \sum_{n=0}^4 a_n (\ln E)^n$$

$$a_0 = (-19.7 \pm 9.8)$$

$$a_1 = (10.2 \pm 7.2)$$

$$a_2 = (-2.1 \pm 1.9)$$

$$a_3 = (0.2 \pm 0.2)$$

$$a_4 = (-0.005 \pm 0.009)$$

Software: Gnuplot

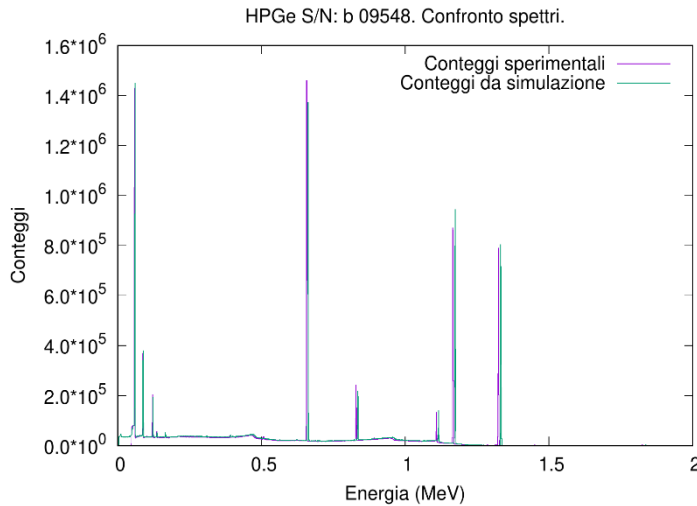
L'efficienza intrinseca si ottiene dal rapporto tra l'efficienza assoluta e il fattore geometrico, che per l'apparato utilizzato è stato stimato pari a (0.10 ± 0.01) .

Simulazioni Monte Carlo

Sperimentalmente è stata quindi determinata l'efficienza del HPGe per la rivelazione di fotoni con energia fino a circa 2 MeV. Tuttavia il rivelatore verrà dedicato all'analisi dei fotoni prompt, che possono raggiungere un'energia di 15 MeV (il 75% dei fotoni prompt ha un'energia compresa tra 0.5 MeV e 15 MeV). Perciò è interessante conoscere la risposta del rivelatore anche per energie superiori ai 2 MeV; tuttavia non è possibile ottenerla sperimentalmente, poiché non sono disponibili sorgenti radioattive di calibrazione che emettano fotoni con energie così elevate. Di conseguenza è necessario ricorrere alle simulazioni Monte Carlo, effettuate impiegando il codice MCNP6, che simula il trasporto di particelle tramite il metodo Monte Carlo.

La prima fase di simulazioni ha previsto la ricostruzione in MCNP6 della geometria del rivelatore HPGe e della sorgente multi-gamma descritti nel paragrafo precedente, basandosi sui dettagli costruttivi forniti dal produttore (Canberra).

Una volta riprodotta la geometria, è stata effettuata una simulazione richiedendo come output lo spettro dei conteggi registrati nel volume sensibile del cristallo HPGe, in funzione dell'energia



(detto “pulse height tally” in MCNP6), analogo agli spettri gamma acquisiti sperimentalmente. Osservando il grafico a lato si può notare che lo spettro ottenuto con questa simulazione è risultato in buon accordo con lo spettro gamma ottenuto sperimentalmente, privato del fondo ambientale (durata acquisizione: 250000 s).

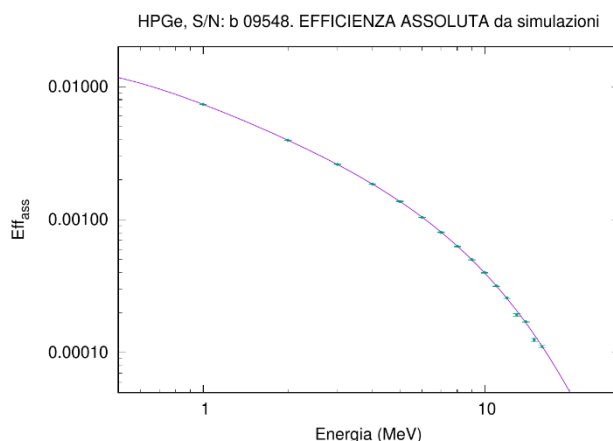
Inoltre dallo spettro ottenuto con la simulazione sono stati calcolati i valori dell'efficienza assoluta del rivelatore, per diverse energie. I valori

ottenuti sono risultati compatibili con quelli dell'efficienza assoluta del rivelatore reale.

In virtù del fatto che l'accordo tra i dati risultanti dalla simulazione e quelli sperimentali è molto buono, si può considerare verificato che il rivelatore simulato riproduce fedelmente quello reale.

A questo punto, mantenendo inalterata la geometria del rivelatore simulato, è stata eseguita con MCNP un'ulteriore simulazione, inserendovi una diversa sorgente radioattiva; in particolare, è stata simulata una sorgente multi-gamma che presenta dei fotopicchi da 1 MeV fino a 16 MeV (che corrisponde al fondoscala del rivelatore HPGe reale), ad intervalli di 1 MeV.

Dallo spettro ottenuto con la simulazione sono stati ricavati i valori dell'efficienza assoluta del rivelatore simulato fino a 16 MeV, mostrati nel grafico sottostante.



$$\ln \epsilon_a(E) = \sum_{n=0}^4 a_n (\ln E)^n$$

$$a_0 = (-4.911 \pm 0.003)$$

$$a_1 = (-0.81 \pm 0.03)$$

$$a_2 = (-0.15 \pm 0.06)$$

$$a_3 = (0.05 \pm 0.03)$$

$$a_4 = (-0.03 \pm 0.01)$$

Software: Gnuplot

Conclusioni

In questo lavoro è stata effettuata la caratterizzazione sperimentale del rivelatore al germanio dedicato alla rivelazione dei fotoni prompt nella facility per PGNAA al LENA di Pavia, ottenendone sperimentalmente la curva di risoluzione in funzione dell'energia, e la curva dell'efficienza, fino a circa 2 MeV.

Lo stesso rivelatore è stato simulato con MCNP6 e, dopo aver verificato la compatibilità tra l'output della simulazione e i dati sperimentali, con una simulazione è stata ottenuta una stima della curva dell'efficienza fino a 16 MeV. Quest'ultima naturalmente andrà verificata sperimentalmente, non appena sarà possibile effettuare misure di spettrometria prompt-gamma nella facility del LENA.

Referenze

1. Areva NP-LEA, *Certificato di calibrazione n° CT/151034/16/0282 della sorgente multi-gamma 12ML01EGMA15*, 2016.
2. Canberra Industries Inc, *Detector specification and performance data after repair*, 2011.
3. Clemenza, M., *Tecniche di Analisi Non Distruttive per l'archEoMetria*, UNIMIB - Dipartimento di Fisica "G. Occhialini" e INFN sezione di Milano Bicocca, 2018.
4. Duc T. Vo, *Comparisons of the DSPEC and DSPEC Plus Spectrometer Systems*, Los Alamos National Laboratory, 1999.
5. Mirion Technologies (Canberra) SAS, *Reverse Electrode Coaxial Ge Detectors*.
6. Nastasi, M., *Caratterizzazione di un rivelatore al Germanio a basso fondo e messa in opera*, tesi di laurea triennale in Fisica, Università degli Studi di Milano-Bicocca, 2010.
7. Oak Ridge National Laboratory, *MCNP4C2, Monte Carlo N-Particle Transport Code System*, 2000.
8. Stella, S., *Design of a Prompt Gamma Neutron Activation Analysis (PGNAA) system for Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) using Monte Carlo code*, tesi di dottorato di ricerca in Fisica, Università degli Studi di Pavia, 2011.

I giornata monotematica SIRR (Catania, 9 maggio 2019)

a cura di F. Cammarata

Il 9 Maggio 2019 si è tenuta a Catania, presso i LABORATORI NAZIONALI DEL SUD (LNS - INFN), la 1° Giornata SIRR 2019, durante la quale sono state trattate le tematiche dell'Adroterapia e della Radiobiologia. La giornata ha riscosso un ottimo successo, con l'iscrizione di circa 50 partecipanti tra studenti, PhD e ricercatori. Nel corso della giornata sono stati presentati numerosi studi derivanti da linee di ricerca afferenti a diverse discipline (fisica, biologia e medicina) che trovano applicazione nell'adroterapia e nella radiobiologia. Molti studi sono risultati innovativi, hanno dato luogo a discussioni costruttive e al *trigger* per nuove idee e possibili future collaborazioni.

Nel dettaglio, la giornata è iniziata con la presentazione della Prof.ssa Maria Gabriella Pugliese, Presidente della SIRR, sulla Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni e i suoi scopi, tra i quali la promozione del progresso della ricerca scientifica nel campo delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, la possibilità di riunire e far parlare tra loro professionalità ed expertises provenienti da settori diversi, e l'opportunità di far crescere professionalmente i giovani ricercatori attraverso l'erogazione di borse di studio per periodi all'estero e/o partecipazione a convegni scientifici (foto 1).

Successivamente il Dott. F.P. Cammarata (membro del consiglio direttivo della SIRR, ricercatore CNR-IBFM e responsabile del coordinamento delle attività di radiobiologia presso i LNS) ha presentato la prima relazione su invito, del Prof. Giacomo Cuttone, direttore dei LNS, dal titolo "Stato dell'arte dell'adroterapia e progetti futuri". Il Prof. Cuttone ha fatto un excursus storico partendo dalla nascita dell'adroterapia in Italia fino al panorama attuale e disquisendo sui progetti attualmente in corso e su quelli in divenire (foto 2).

A conclusione del suo intervento è cominciata la prima sessione di matrice biologica su ricerche e studi svolti nell'ambito della radiobiologia e delle radiazioni ionizzanti. Tutte le *short communications*, di seguito elencate, sono state effettuate da giovani ricercatori, con lo scopo di dare loro visibilità:

1. *Gene expression profiling of U87 glioblastoma cell line after proton and Src Family Kinase Inhibitor combined treatments* – Calvaruso M.
2. *Cell and molecular response to high-dose of ionizing radiation in primary breast cancer cells* - Musso R.
3. *Curcumin-loaded lipid nanoparticles exert a radiosensitizing effect on breast cancer cells* – Pucci G.
4. *Effetto dell'estratto di betula aetnensis rafin. su cellule di tumore al seno trattate con fasci di protoni* - Tringali R.
5. *Proton Beam Radiation-induced Skin injury as early deterministic damage in a healthy murine model by end-part of a SOBP* – Costantino A.

Moderatori della sessione sono stati il Dott. F.P. Cammarata e il Dott. G. Russo (ricercatore CNR IBFM ed Esperto qualificato ai LNS).

Nel pomeriggio il Dott. L. Minafra (Ricercatore CNR IBFM) ha presentato la seconda relazione su invito, della Dott.ssa Giada Petringa, assegnista di ricerca presso LNS, dal titolo "Modelli radiobiologici e simulazioni Monte Carlo in adroterapia". La dott.ssa Petringa ha presentato dati provenienti da molteplici studi basati sull'utilizzo di rivelatori microdosimetrici, simulazioni Monte Carlo e dati sperimentali ottenuti mediante l'irraggiamento di differenti linee cellulari (foto 3).

La seconda sessione di *short communications* è stata incentrata sui meccanismi di analisi basati sul metodo Monte Carlo, sulla microdosimetria e sulla Flash Radiotherapy. Anche in questa sessione 5 giovani ricercatori hanno presentato i loro lavori svolti all'interno di tesi di laurea o dottorato, ed elencati di seguito:

1. Systematic analysis of RBE and LQ parameters using a database of different cell line survival experiments with clinical proton beam - R. Khanna
2. Caratterizzazione microdosimetrica di un fascio clinico di protoni e di particelle alpha mediante rivelatore a stato solido - C. Gigliuto
3. Caratterizzazione dosimetrica di un fascio di protoni con dosimetri a termoluminescenza - V. D'Avino
4. La Proton Boron Capture Therapy (PBCT): il futuro della protonterapia - D. Chiappara
5. Flash Radiotherapy e Laser-driven: la nuova frontiera della radioterapia - M. Guarrera

Moderatori della sessione sono stati il Dott. L. Minafra e G. Savoca (ricercatore CNR IBFM)

Al termine della sessione e dopo una proficua discussione, il Dott. Cammarata ha ringraziato tutti i partecipanti a nome anche di tutto il Consiglio Direttivo SIRR, ed ha consegnato ai 10 giovani ricercatori uno specifico attestato di partecipazione (foto 4-5).

Un plauso particolare ed un grande ringraziamento è andato ai due relatori su invito, il Prof. Cuttone e la Dott.ssa Petringa, ed ai membri del direttivo presenti, la Dott.ssa V. Dini, ricercatrice presso l'Istituto Superiore di Sanità e segretario-tesoriere della SIRR, e la Prof.ssa M.G. Pugliese, Prof. Associato presso l'Università degli Studi Federico II di Napoli.



Foto 1 – presentazione della SIRR da parte del Presidente M. Pugliese



Foto 2 – relazione di G. Cuttone sull'adroterapia



Foto 3 - relazione di G. Petringa su modelli e simulazioni in adroterapia



Foto 4 e 5 – foto di gruppo con attestato di partecipazione

II giornata SIRR - Workshop SIRR-ICEmB (Napoli, 9 luglio 2019)

a cura di F. Ballarini

Il 9 luglio si è svolto a Napoli, presso il suggestivo Museo di Fisica dell'Università "Federico II", il workshop "IR & NIR indoor" sull'esposizione a radiazioni ionizzanti (IR) e non ionizzanti (NIR) in ambienti confinati, tema di grande attualità in vista del recepimento da parte dell'Italia della normativa europea 59/2013. Il workshop, organizzato in maniera congiunta dalla SIRR (per la quale il workshop ha coinciso con la seconda giornata monotematica del 2019) e dall'ICEmB (Centro Interuniversitario sulle interazioni fra Campi Elettromagnetici e Biosistemi), ha visto la partecipazione di circa 100 persone.

Ai consueti saluti istituzionali sono seguite due relazioni a invito: Gennaro Venoso dell'Istituto Superiore di Sanità ha presentato le attività in corso e le prospettive per la protezione e prevenzione dei rischi da radon, mentre Daniele Riccio dell'Università di Napoli "Federico II" ha discusso le principali problematiche relative alla rete 5G e alla sua progettazione. Inoltre V. D'Avino (INFN-Napoli) ha presentato un'indagine sulla conoscenza del radon tra la popolazione campana, mentre O. Zeni (CNR-Napoli) ha fornito una *overview* sugli effetti biologici delle onde millimetriche.

Nel pomeriggio si sono svolte due sessioni di *short communications*, una sulle radiazioni ionizzanti (con interventi di C. Sabbarese, G. La Verde, F. Loffredo e A. Raulo) e una sulle non ionizzanti (V. De Santis, T. Maione, J. Marinaccio, S. Romeo e C. Costa). Il programma completo del workshop è visibile nelle news del sito SIRR (<http://www.sirr2.it/uploads/ProgrammaFinale.pdf>)



L'apertura del workshop da parte di M. Pugliese (Presidente SIRR), R. Massa (Direttore ICEmB) e L. Merola (Direttore del Dipartimento di Fisica dell'Università di Napoli "Federico II")



La sede centrale della Federico II

La fisica

Radiazioni, oggi un convegno di esperti alla vigilia della direttiva di Bruxelles

Workshop "IR & NIR indoor", esposizione della popolazione alle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti che si svolge oggi alle ore 10 nel museo di Fisica della Federico II, Via Mezzocannone 8. Il tema dell'esposizione alle radiazioni ionizzanti (IR) e alle radiazioni non ionizzanti (NIR) indoor è in questo momento di grande interesse in vista sia dell'imminente recepimento da parte dell'Italia della direttiva europea 59/2013. Da un'indagine condotta dall'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare), il 73% della popolazione non è a conoscenza della problematica legata

all'esposizione dell'uomo alle radiazioni di origine naturale. Proprio per questo, afferma la Prof.ssa Mariagabriella Pugliese, Presidente SIRR «l'imminente recepimento della Direttiva Ue in materia di esposizione alle radiazioni ionizzanti detta l'urgenza di una capillare informazione». Ai lavori prenderanno parte la stessa Mariagabriella Pugliese, Rita Massa (Direttrice ICeMB), Relazioni di Francesco Bochicchio dell'Istituto superiore di Sanità, coordinatore del piano nazionale "radon" e Daniele Riccio professore di "campi elettromagnetici" dell'Università Federico II.

L'articolo sul workshop comparso sul quotidiano di Napoli "Il Mattino"

BORSA DI STUDIO destinata a SOCI LAUREANDI per lo svolgimento di un periodo di RICERCA ALL'ESTERO (deadline 31 ottobre 2019)

La SIRR apre una seconda call per assegnare dei **contributi destinati a SOCI SIRR laureandi per lo svolgimento di un periodo di ricerca all'estero connesso con l'attività di tesi di laurea**. Il proponente può chiedere il contributo per un soggiorno all'estero ancora da realizzarsi o per uno già in corso al momento della presentazione della domanda.

La call resterà aperta **dall'1 al 31 ottobre 2019**, con un budget totale di 1500 Euro. Saranno finanziati fino a tre laureandi a cui verrà assegnato un contributo a discrezione del Consiglio Direttivo della SIRR, tenendo conto della rilevanza scientifica oggetto della tesi, del periodo di permanenza all'estero e della destinazione scelta.

Il proponente dovrà compilare in maniera dattiloscritta la domanda scaricabile dal sito SIRR e inviarla via mail a silva.bortolussi@unipv.it entro e non oltre il **31 ottobre 2019**. L'oggetto della mail dovrà riportare la dicitura: **SIRR - Richiesta di contributo per laureandi - Nome Cognome del richiedente**. Insieme alla domanda di contributo, il laureando dovrà allegare:

- una lettera firmata dal proprio relatore di tesi, SOCIO SIRR in regola con il pagamento delle quote associative, il quale certifichi l'opportunità dell'esperienza all'estero
- una lettera da parte del supervisor del laureando nel laboratorio/ateneo che lo ospiterà per confermare la collaborazione.

Le due figure possono anche coincidere, ma *condicio sine qua non* è l'iscrizione alla SIRR e verifica della regolarità delle quote associative.

Call for papers per i prossimi numeri

La rivista SIRR, le cui uscite sono previste in Aprile, Agosto e Dicembre, pubblica articoli scientifici - sia originali sia di rassegna - e *reports* di congressi inerenti alle radiazioni (ionizzanti e non), dal punto di vista sia fisico-chimico, sia medico-biologico.

La sottomissione spontanea di contributi è sempre benvenuta, specialmente da parte dei giovani. I contributi devono essere redatti in Times New Roman 12 interlinea singola; al titolo devono seguire i nomi degli autori, le loro affiliazioni e l'indirizzo di posta elettronica del "corresponding author". Le referenze, elencate alla fine in ordine di citazione, vanno incluse nel testo mediante numeri progressivi inseriti tra parentesi quadre come nell'esempio riportato sotto [1]. I contributi, comprensivi di eventuali figure e/o tabelle, vanno inviati come unico file .doc o .docx a francesca.ballarini@unipv.it

1. T. Tizio, C. Caio and S. Sempronio (anno), *Titolo*. Nome della rivista abbreviato, **Volume**, pagine.

CONFERENZE E SCUOLE

ERPW- European Radiation Protection Week 14-18 October 2019, Stockholm, Sweden, <http://www.erpw2019.eu/generalinfo.html>

DULIA-bio (Deep Underground Laboratories Integrated Activities in biology), 4-5 novembre 2019, Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN, Assergi, L'Aquila. <http://dulia-bio.lngs.infn.it>

III giornata monotematica SIRR, Venezia, 2 Dicembre 2019 (*vedi annuncio*)

4° Geant4 School and workshop "Monte Carlo for Radiotherapy, Imaging and Radiation Protection", University of Wollongong, Australia, 2-5 december 2019 (Geant4 school) and 6-8 december 2019 (workshop). <https://www.uow-geant4.com/>

IRPA 15, Seoul, 11-15 May 2020. <https://www.irpa2020.org/>

XIX Convegno Nazionale SIRR, Cefalù, 3-5 giugno 2020

RAD 2020 - Eighth International Conference on Radiation in Various Fields of Research, Hunguest Hotel Sun Resort, Herceg Novi, Montenegro, June 15 - June 19, 2020. <http://rad2020.rad-conference.org/>

45th Annual Meeting of the European Radiation Research Society (ERR 2020), Lund, Sweden, 13th-17th September 2020.

<http://www.errs2020.eu/app/attendee/default.asp?ProjectId=15184&PageId=89322>

**Il Policlinico Militare di Roma – Dipartimento Scientifico
e la Società Italiana per le Ricerche sulle Radiazioni (SIRR)**

organizzano congiuntamente il

WORKSHOP

GESTIONE SANITARIA DELLE EMERGENZE RADIOLOGICHE E NUCLEARI

Venezia, 2 dicembre 2019

Circolo Ufficiali Marina Militare

Calle Seconda de la Fava, 2168, 30122 Venezia VE