

# Studio dei Radionuclidi prodotti al reattore L.E.N.A. per il progetto ISOLPHARM\_EIRA

Leso Aurora  
23 Settembre 2021



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# Outline

- 1** Introduzione ed obiettivi
- 2** Apparato sperimentale
- 3** Spettro del campione
- 4** Correzione di tempo morto
- 5** Stima di tempo di dimezzamento e attività
- 6** Conclusioni ed obiettivi futuri
- 7** Backup Slides

# Introduzione

## Il progetto ISOLPHARM

- Produzione di radioisotopi ad elevata purezza tramite SPES
- **SPES**: facility ISOL dedicata allo studio di nuclei esotici e ad applicazioni con fasci radioattivi

## L'esperimento ISOLPHARM\_EIRA: obiettivi del gruppo di fisica

- caratterizzazione dei detector utilizzati: HPGe e  $LaBr_3$
- stima della produzione di  $^{111}Ag$  tramite irraggiamento di campioni di palladio naturale e arricchito in TRIGA MARK II

### Processo di decadimento



# Caratterizzazione detector

## Detector utilizzati

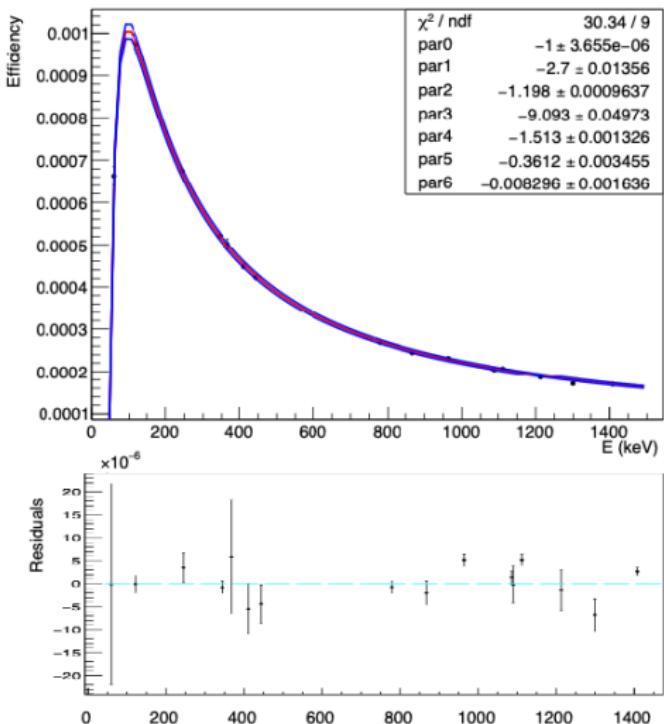
- **HPGe**: *High Purity Germanium Detector*, Myrion Technologies
- **$LaBr_3$** : Scintillatore al bromuro di lantanio, Saint-Gobain

Sono state utilizzate due sorgenti,  $^{241}Am$  e  $^{152}Eu$ , per calibrare, stimare la risoluzione e trovare la curva di efficienza.

- **Calibrazione**: HPGe segue una risposta lineare,  $LaBr_3$  meno lineare e più oscillante.
- **Risoluzione**: HPGe presenta una risoluzione di 2.3 keV ad 1 Mev, contro i 26 keV del  $LaBr_3$

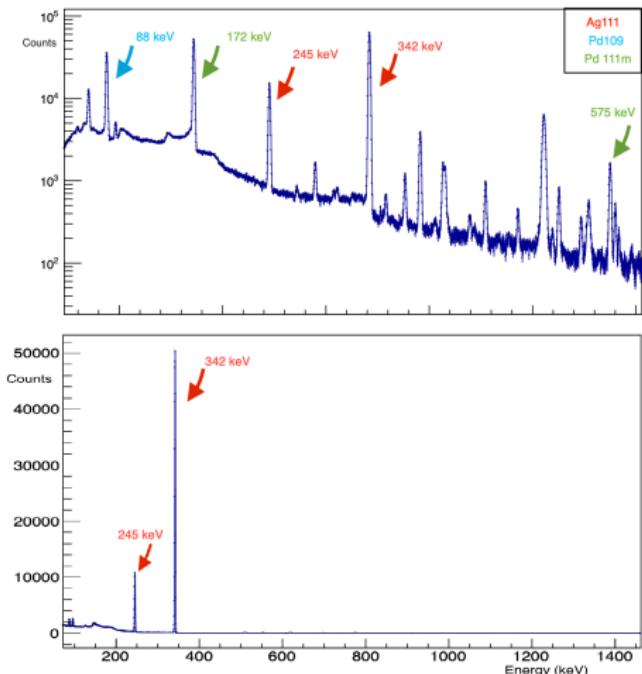
# Caratterizzazione detector

Efficiency curve for HPGe



- Ben rappresentativo ad alte energie
- Puramente fenomenologico a basse energie per dipendenza da altri fattori non ben descrivibili nella funzione di fit
- Incertezza sistematica dell'attività ( $\pm 1.7\%$ ) dominante rispetto alla componente statistica

# Spettro del campione



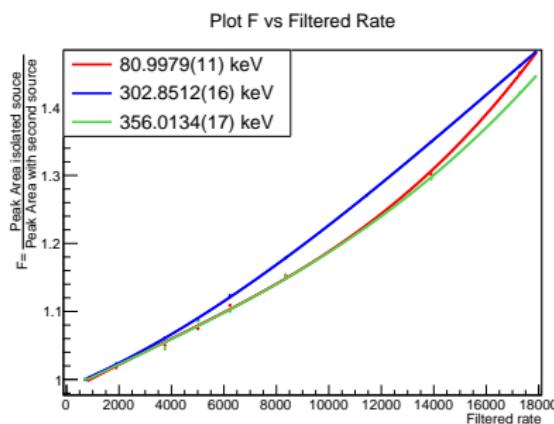
Campione di palladio arricchito di  $m=62.7$  mg  
irraggiato per 1 h

- In alto, spettro del campione a 10 ore dal termine dell'irraggiamento
- in basso, spettro del campione a 4 giorni dal termine dell'irraggiamento

# Correzione di tempo morto

## Dead Time

Intervallo di tempo durante il quale l'elettronica di acquisizione non è in grado di processare un nuovo segnale in arrivo, a causa dell'elaborazione del segnale precedente.



Verificata indipendenza della correzione dall'energia: essa non risulta però stabile, dato che dipende fortemente da tutti i parametri di acquisizione.

Discrepanza del picco a **302 keV** per l'inferiore numero di conteggi sotto al picco.

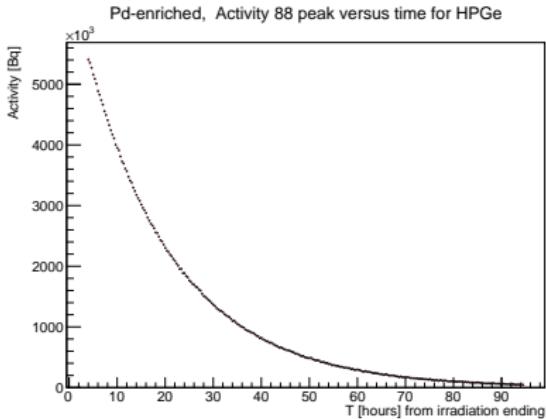
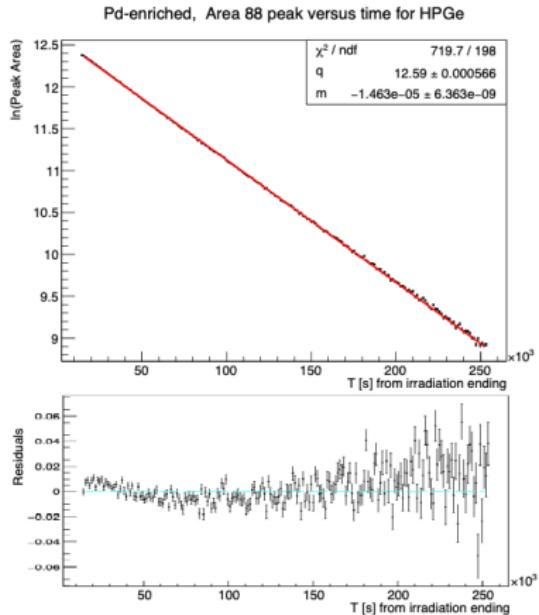
# Stima di attività e tempo di dimezzamento

## Stima del tempo di dimezzamento

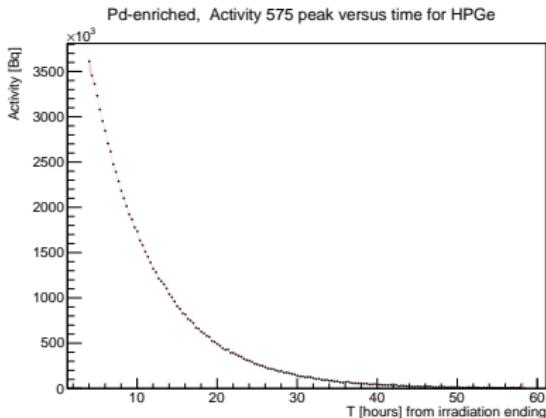
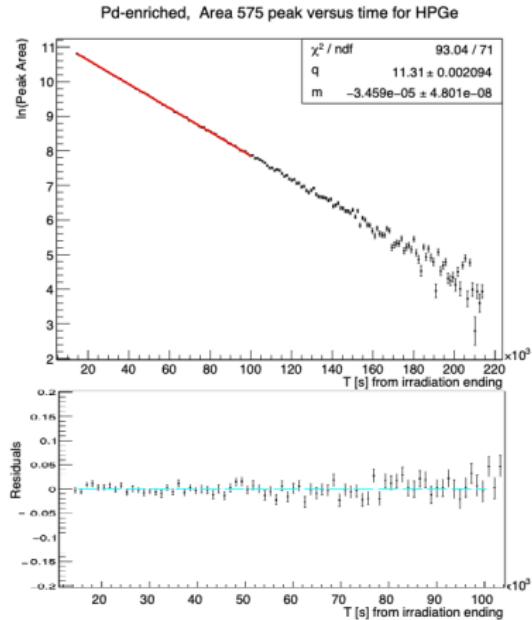
- Calibrazione in energia e suddivisione dello spettro in sotto campioni
- Fit gaussiano del fotopicco di interesse e sottrazione del fondo fittato linearmente
- Fit linearizzato del numero dei conteggi vs tempo dal termine dell'irraggiamento

## Proiezione dell'attività al termine dell'irraggiamento

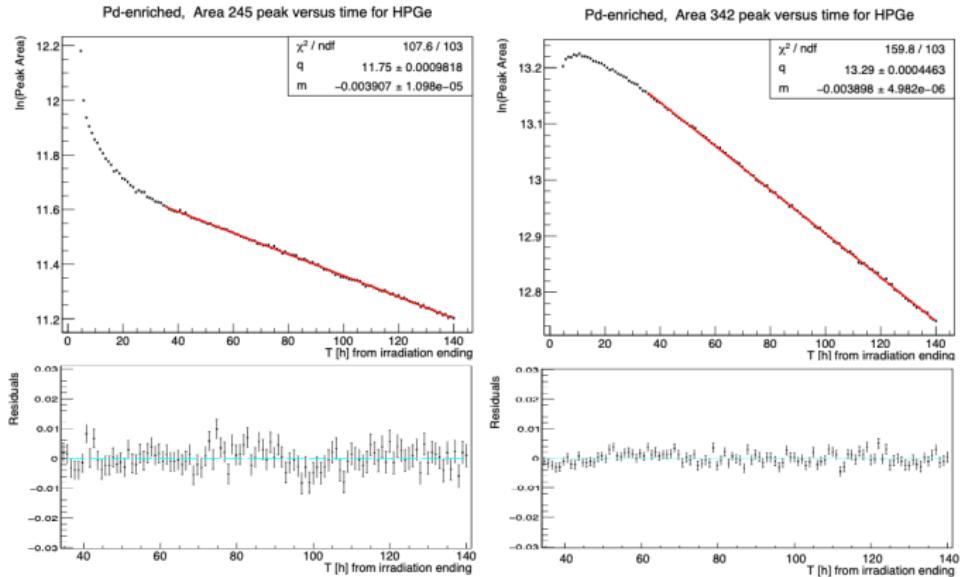
- Stima della curva di attività dai valori noti (efficienza, conteggi, branching ratio e intervallo temporale)
- Fit esponenziale della curva ottenuta

$^{109}\text{Pd}$ 


- $T_{1/2} = 13.16 \pm 0.01_{\text{stat}} [\text{h}]$
- $A_0 = (0.1806 \pm 0.0001) [\text{mCi}]$

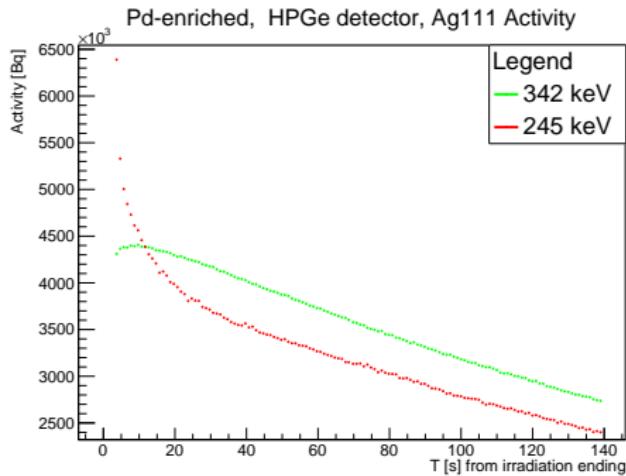


- $T_{\frac{1}{2}} = 5.567 \pm 0.008_{\text{stat}} [\text{h}]$
- $A_0 = (0.1610 \pm 0.0003) [\text{mCi}]$



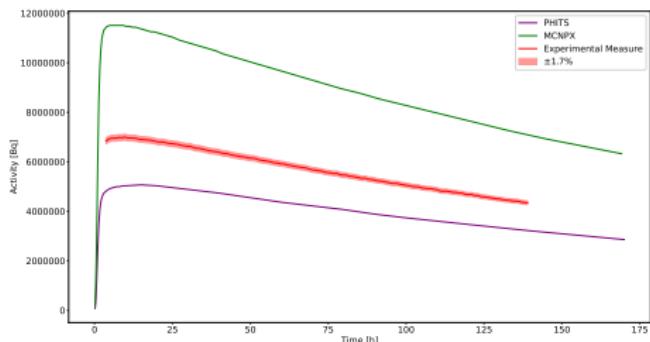
$$T_{\frac{1}{2},245} = (7.39 \pm 0.02_{\text{stat}}) \text{ d}$$

$$T_{\frac{1}{2},342} = (7.451 \pm 0.008_{\text{stat}}) \text{ d}$$



- **245 keV**: notevole crescita a tempi brevi per probabile presenza di eventi non di interesse sotto il picco
- **342 keV**: lieve decrescita per imprecisa correzione di tempo morto
- Le attività dopo 48 ore sono circa compatibili ⇒ media pesata
- $A_0 = (1.973 \pm 0.003)[\frac{\mu Ci}{mg}]$  (normalizzazione alla massa 62.7 mg)

# $^{111}\text{Ag}$ : risultati e commenti



**Figure:** Confronto dati con simulazioni MCNPX e PHITS per irraggiamento 1h e campione di 100 mg

- La simulazione MCNPX sovrasta la produzione di un fattore  $\approx 1.64$
- La simulazione PHITS sottostima la produzione.
- Entrambe le simulazioni confermano l'andamento sperimentale

# Conclusioni ed obiettivi futuri

## Previsione di produzione

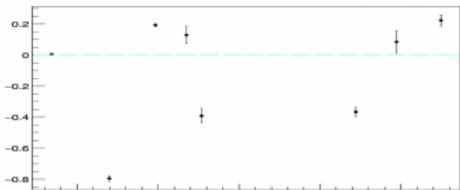
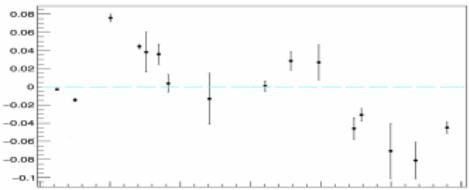
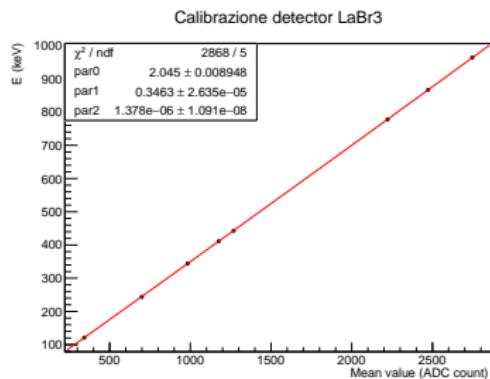
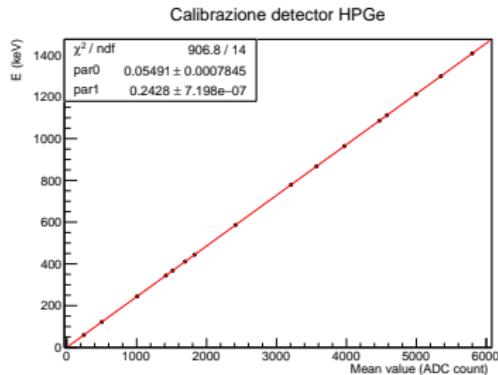
Sfruttando la simulazione MCNPX di un campione di massa 100 mg irraggiato per 18 ore si stima una produzione di  $^{111}\text{Ag}$  pari a  $\approx 1.81 \text{ [mCi]}$  dopo 3 giorni dall'irraggiamento.

## Questioni aperte

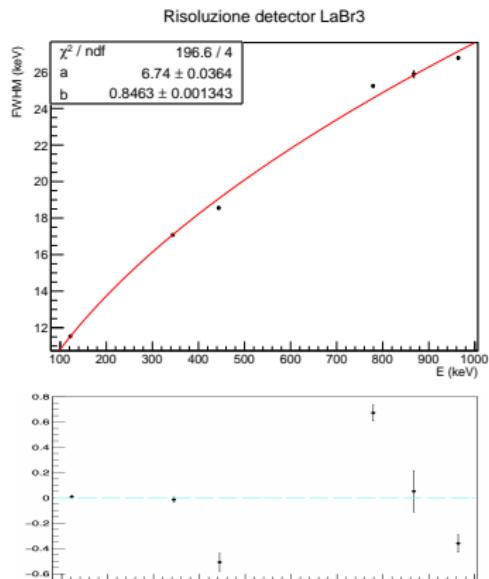
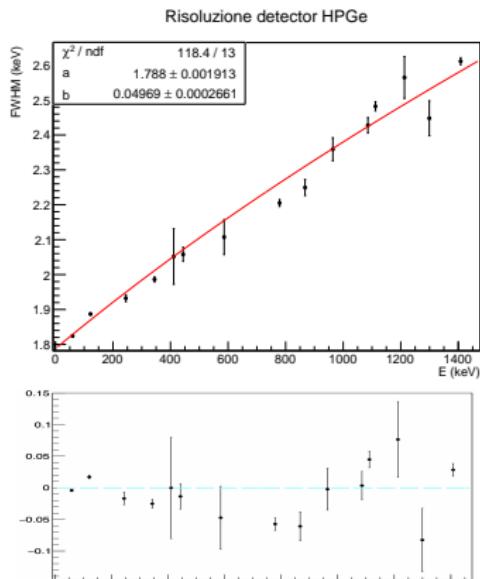
- Correzione di tempo morto
- Curva di efficienza

Grazie per l'attenzione!

# Calibrazione in energia

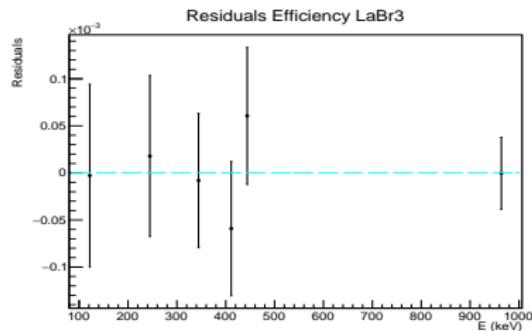
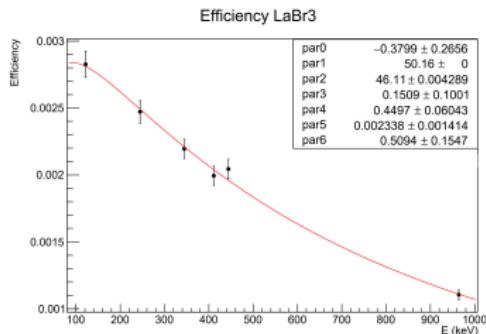


# Risoluzione energetica



# Efficienza $\text{LaBr}_3$

- Pochi picchi a disposizione
- In quanto non utile ai fini dell'analisi di tesi, presentato a scopo puramente indicativo



# Dead Time

## Procedura di sperimentazione

- Sorgente di  $^{133}\text{Ba}$  a distanza fissa e di  $^{60}\text{Co}$  a distanza mobile dal rivelatore HPGe
- Si calcola il rapporto tra i conteggi del Bario isolato e quelli con la seconda sorgente attorno
- Fit con polinomio di 3 grado dei rapporti tra conteggi del Bario isolato e conteggi del Bario con il Cobalto **vs rate filtrato** (rate acquisizione meno pile up e saturazione)

## Risultati

- Non c'è una dipendenza rilevabile della correzione dall'energia
- La correzione è ancora instabile
- La correzione risulta incisiva solo su rate elevati, quindi nelle prime ore di acquisizione.

# Compatibilità risultati sperimentali ed attesa

Radionuclide	$E(\sigma_E)$ [keV]	$T_{\frac{1}{2},sper}$	$T_{\frac{1}{2},att}$	$\lambda$
$^{109}Pd$	88.033(1)	$13.16 \pm 0.01_{stat}$ [ore]	$13.58 \pm 0.12$ [ore]	3.5
$^{111m}Pd$	575.0(1)	$5.567 \pm 0.008_{stat}$ [ore]	$5.5 \pm 0.1$ [ore]	0.7
$^{111}Ag$	245.40(2)	$7.39 \pm 0.02_{stat}$ [d]	$7.45 \pm 0.01$ [d]	2.7
	342.13(2)	$7.451 \pm 0.008_{stat}$ [d]	$7.45 \pm 0.01$ [d]	0.08

**Table:** Tempi di dimezzamento attesi e sperimentali per i vari radionuclidi considerati