

I. ELABORAREA UNUI SOFTWARE PENTRU CORECTIA VARIATIEI AMPLIFICARII IN ENERGIE RUN CU RUN

A. Motivarea fizica a studiului

In cadrul experimentelor de spectroscopie nucleara se doreste determinarea cu o cat mai buna precizie a observabilelor direct masurabile cum sunt energia si momentul de timp cand sunt emise radiatiile γ in urma reactiilor nucleare. Statistica acumulata in urma masuratorii influenteaza in mod direct precizia, asadar prin utilizarea mai multor detectori de acelasi tip se suprapun spectrele individuale rezultate pentru a obtine in final un spectru suma. Conditia principala pentru ca aceasta sumare sa fie posibila este buna calibrare a detectorilor individuali. Totodata, pe parcursul experimentului aceasta calibrare trebuie sa ramana constanta, sau variatia acesteia sa poata fi controlata si corectata ulterior.

In cadrul sistemului multidetector ROSPHERE de la Acceleratorul Tandem 9MV al IFIN-HH sunt folositi in paralel detectori HPGe (Germaniu hiper-pur) si LaBr₃(Ce) (Bromura de Lantan). In urma experimentelor desfasurate s-a observat o variatie a calibrarii dependenta in principal de rata de numarare si de temperatura. In cazul detectorilor LaBr₃(Ce) aceasta variatie este semnificativa datorita efectelor produse fotomultiplicatorilor de ratele mari de numarare.

In cazul detectorilor HPGe rezolutia energetica este foarte buna ($\text{FWHM} \approx 0.2\%$ la 1 MeV), corectia acestei variatii este posibila cu ajutorul algoritmilor de cautare a peak-urilor prin fit gaussian. Detectorii LaBr₃(Ce) au o rezolutie energetica cu un ordin de marime mai mare astfel incat metoda de cautare a peak-urilor nu mai poate fi aplicata in cazul in care densitatea de tranzitii γ este mare si in spectru se observa suprapunerea acestora asa cum se arata in Fig.1. Corectiile pot fi facute manual pentru un numar redus de detectori si run-uri, insa pentru usurarea analizei pe termen lung pentru o cantitate mai mare de date (ca in cazul sistemului ROSPHERE) este necesara implementarea unui algoritm care poate corecta automat modificarea amplitudinii din timpul experimentelor.

B. Descrierea stiintifica si tehnica

Algoritmul 'gcor' (Gain Correction) este dezvoltat in limbajul de programare C si utilizeaza GNU Scientific Library [1] pentru functiile de fitare si GNU Plot [2] pentru a afisa

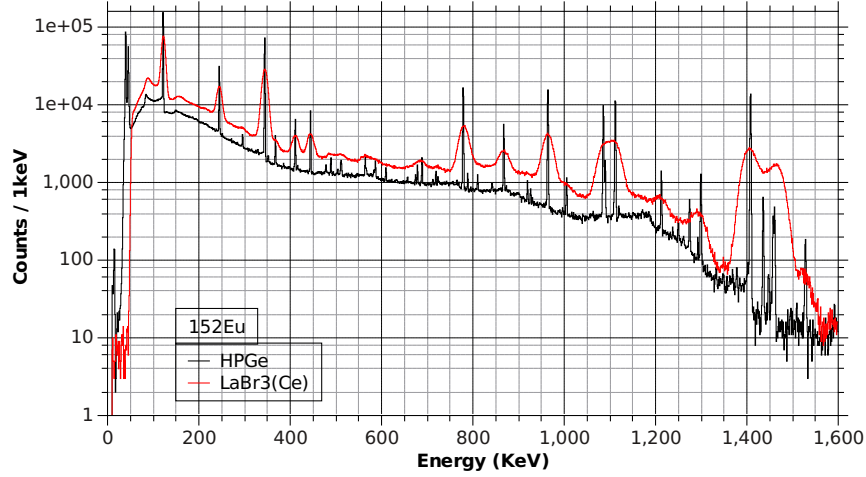


FIG. 1: Comparatie intre spectrele produse de un detector HPGe si unul de LaBr₃(Ce) utilizand o sursa de ¹⁵²Eu. Chiar daca densitatea de nivele este mult mai mica decat in cazul experimentelor, se pot observa peak-uri nerezolvate in detectorul LaBr₃(Ce), motiv pentru care un algoritm de cautare automata a peak-urilor nu poate fi aplicat.

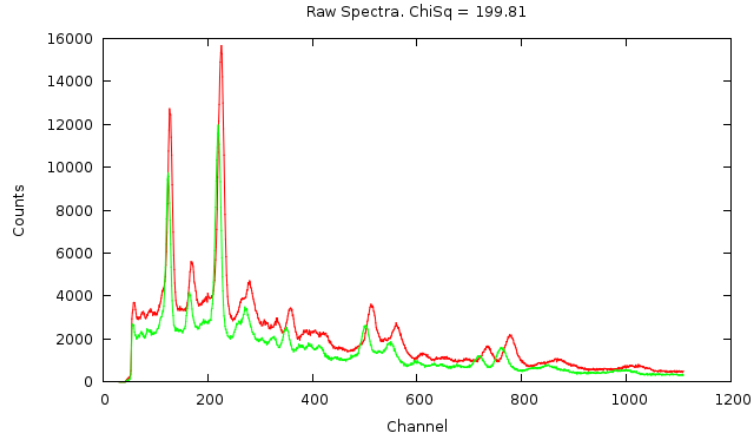


FIG. 2: Variatia amplificarii unui detector LaBr₃(Ce) intre doua run-uri diferite ale aceluia experiment.

rezultatele grafice in timp real. Programul citeste spectre in format binar specifice pachetului de analiza GASPware sub forma A#B.000C unde A este numele detectorului, B este numarul detectorului si C reprezinta numarul run-ului.

Principiul de functionare se bazeaza pe compararea unor regiuni din spectrele diferitelor run-uri cu un spectru de referinta din acelasi experiment. Aceasta comparare este realizata

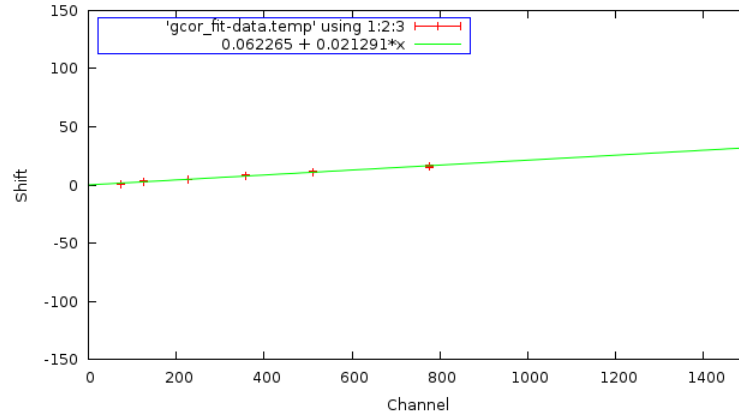


FIG. 3: Grafic al variației amplificării (shift) ca funcție de energie (canal).

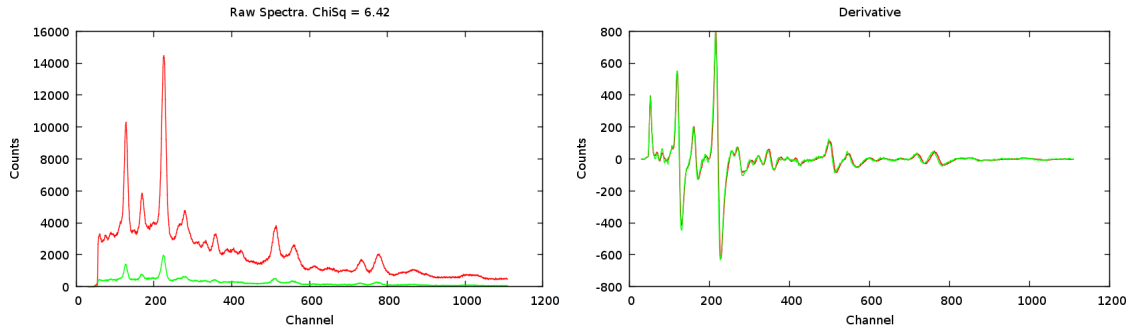


FIG. 4: Compararea a doua spectre cu statistica diferita. Prin procedurile de netezire, normalizare si derivare se pastreaza doar informatia legate de forma acestora.

prin verificarea gradului de suprapunere (χ^2) in functie de numarul de canale cu care a fost deplasata regiunea aleasa fata de spectrul de referinta. Astfel, se gaseste o valoare a deplasarii in functie de energia (numarul canalului) unde este centrata fiecare regiune pentru care este minimizat χ^2 asa cum este aratat in Fig. 3. Un studiu sistematic al acestei dependente a aratat ca variatia poate fi corectata printr-o functie liniara. Aceasta procedura este efectuata pentru fiecare run si detector in parte.

Spectrele sunt calibrate inainte cu ajutorul unei surse de calibrare pentru a corecta neliniaritatea intrinseca a cristalelor scintilatoare. Pentru a optimiza algoritmul de verificare al suprapunerii, spectrele sunt netezite pentru a anula variatiile statistice ale fondului, normalizate, si apoi se analizeaza derivatele spectrelor rezultate, pastrandu-se astfel doar informatiile legate de forma spectrelor, asa cum este aratat in Fig. 4.

In Fig. 5 este aratat afisajul din consola al programului. Acesta porneste cu parametrii

```

===== GCOR v1.4 - Automatic Gain Correction =====
R. Lica, IFIN-HH, February 2014

Settings taken from 'gcor_settings.txt'.
-----
Chan      8192
DetNum    11
RefFile   L0.0001
EndFile   L0.0200
Sweep     150
Sensitivity=4,000000
MaxChiSq   10
LEFT | RIGHT
-----
    30    100
   110    180
   190    310
   320    430
   440    570
   580    780
   790    990
----> 47 runs were successfully read

-----
Detector #00
-----

L0#00,0002      OK (cal/raw = 2.16/4.33)      Going to next? [y]/n/a
L0#00,0003: Recalibration is not required (cal/raw = 0.43/0.43)      Going to next? [y]/n/a
L0#00,0004      OK (cal/raw = 0.88/19.64)      Going to next? [y]/n/a
L0#00,0005      OK (cal/raw = 1.15/35.47)      Going to next? [y]/n/a █

```

FIG. 5: Text afisat in consola in timp ce programul de corectie automata a amplificarii (gcor) functioneaza.

impliciti pe care ii scrie in fisierul 'gcor_settings.txt'. Utilizatorul ii poate modifica ulterior.

Parametrii de intrare sunt:

Chan - numarul de canale al spectrelor

DetNum - numarul de detectori din fiecare fisier

RefFile - run-ul de referinta

EndFile - ultimul run care va fi citit

Sweep - numarul de canale pe care se efectueaza balearea unei regiuni fata de spectrul de referinta pentru a gasi suprapunerea maxima

Sensitivity - stabileste raportul dintre inaltimea maxima dintr-o regiune si nivelul zgomotului, astfel incat regiunile in care nu sunt peak-uri semnificative sa poata fi eliminate pentru nu a produce rezultate eronate

MaxChiSq - valoarea maxima a χ^2 pentru care programul va considera corectia amplificarii un succes. In caz ca in urma corectiei valoarea χ^2 este mai mare decat 'MaxChiSq'

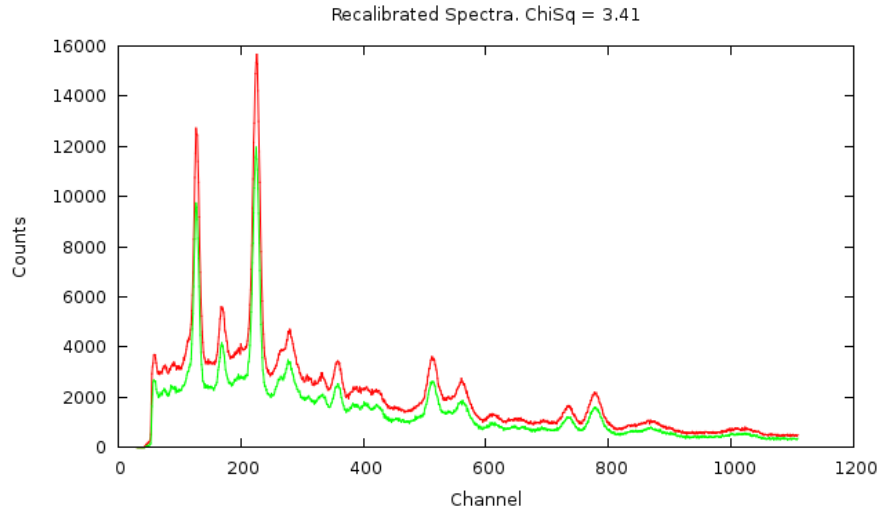


FIG. 6: Rezultatul aplicarii corectiei liniare din Fig. 3 in cazul spectrului din Fig. 2

programul va afisa un mesaj de avertizare.

LEFT RIGHT - limitele din stanga si dreapta ale regiunilor in care va fi impartit spectrul.

Acestea vor fi modificate automat pentru a fi centrate pe cel mai mare peak din interiorul intervalului ales.

In Fig. 6 se poate observa rezultatul grafic al programului 'gcor'. Parametrii obtinuti prin fitarea liniara a variatiei amplificarii ca functie de energie sunt aplicati datelor din run-ul analizat pentru a avea o calibrare cat mai apropiata cu cea a run-ului de referinta. Acesti parametrii sunt salvati in fisierul 'gcor.cal' pentru fiecare detector si fiecare run, putand fi folositi in analiza ulterioara.

-
- [1] Mark Galassi, Jim Davies, James Theiler, et al. *GNU Scientific Library: Reference Manual*, 2003.
 - [2] Thomas Williams, Colin Kelley et al., *Gnuplot 4.4: an interactive plotting program*, 2010.