

# Đánh giá tính chuẩn xác của chương trình VGSpec thông qua khả năng tính toán diện tích đỉnh, tìm đỉnh tự động, nhận diện đồng vị, xác định hoạt độ phóng xạ nguồn trụ và Marinelli

- **Trịnh Quang Vinh**

Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

- **Trương Thị Hồng Loan**

- **Mai Văn Nhơn**

Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 04 tháng 03 năm 2013, nhận đăng ngày 29 tháng 9 năm 2013)

## TÓM TẮT

Phiên bản phần mềm xử lý phổ gamma Genie 2000 đang sử dụng ở Bộ môn Vật lý Hạt nhân (BM VLHN), khoa Vật lý – Vật lý kỹ thuật (VL – VLKT), trường Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐH KHTN), Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) thiếu gói xác định hoạt độ phóng xạ nguồn, và chưa hoàn toàn tự động hóa từ quá trình phân tích, xử lý phổ đến các quá trình nhận diện đồng vị phóng xạ, đánh giá hoạt độ nguồn. Tác giả

**Từ khóa:** HPGe, Genie 2000, WPF, VGSpec

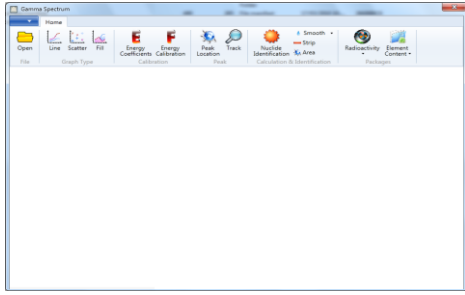
đã xây dựng chương trình VGSpec phiên bản 2.1 để xác định hoạt độ phóng xạ nguồn. Sau đó thực nghiệm đo nguồn chuẩn trụ và nguồn Marinelli bằng hệ phổ kế gamma phòng thấp dùng detector HPGe để so sánh với kết quả từ chương trình, đánh giá tính chuẩn xác của chương trình VGSpec thông qua khả năng xác định hoạt độ phóng xạ nguồn trụ và Marinelli.

## MỞ ĐẦU

Đối với người làm thực nghiệm thì việc đánh giá hoạt độ phóng xạ của mẫu là vô cùng cần thiết. Vì vậy, vấn đề xây dựng một chương trình xử lý phổ gamma tự động vẫn đang là mục tiêu nghiên cứu của nhiều tác giả. Mục đích chính của báo cáo là bước đầu xây dựng một chương trình xử lý phổ gamma tự động bao gồm tìm kiếm đỉnh phổ tự động; tính toán diện tích đỉnh; nhận diện đồng vị phóng xạ, đánh giá hoạt độ nguồn.

Chương trình xử lý phổ gamma tự động VGSpec phiên bản 2.1 đã có thêm gói Xác định hoạt độ nguồn, tra cứu thư viện đồng vị (phiên bản 1.1 chỉ dừng lại đến gói Nhận diện đồng vị phóng xạ).

Chương trình VGSpec phiên bản 2.1 được viết dựa trên ngôn ngữ lập trình C#, xây dựng giao diện bằng WPF (Windows Presentation Foundation) trên môi trường Microsoft Visual Studio 2010. Giao diện chính của chương trình được trình bày trên Hình 1.



Hình 1. Giao diện chính của chương trình.

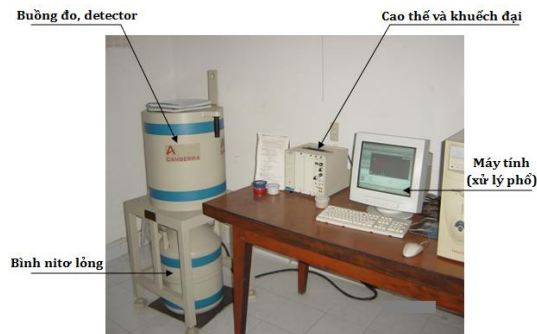
Một số module và gói chính trong chương trình VGSpec: Module Đọc và hiển thị phổ; Gói Chuẩn năng lượng và bề rộng đỉnh; Gói Làm trơn phổ; Module Trừ nhiễu; Gói Tính diện tích đỉnh; Gói Tìm đỉnh phổ tự động; Gói Nhận diện đồng vị phóng xạ; Gói Xác định hoạt độ nguồn, tra cứu thư viện đồng vị.

**VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP**

**Hệ phổ kế**

Hệ phổ kế gamma sử dụng trong bài báo cáo này thuộc Phòng thí nghiệm chuyên đề 2, Bộ môn Vật lý Hạt nhân, Khoa Vật lý – Vật lý Kỹ thuật, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM. Hình 2 trình bày hệ phổ kế gamma dùng detector HPGe này.

Hệ gồm có các phần chính như sau: Detector HPGe GC2018 với các thiết bị kèm theo gồm nguồn nuôi cao thế cho detector, tiền khuếch đại, khuếch đại, bộ biến đổi tương tự thành số và khối phân tích đa kênh, nguồn phóng xạ, buồng chì che chắn phóng xạ bao quanh detector và nguồn. Tuy nhiên khi mô hình hoá hệ phổ kế chúng tôi chỉ quan tâm đến cấu hình của detector, nguồn và buồng chì che chắn.

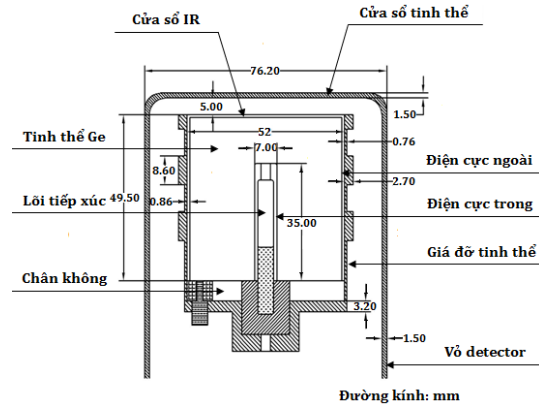


Hình 2. Hệ phổ kế gamma dùng detector HPGe 2018.

**Detector**

Detector đang sử dụng ký hiệu GC2018. Nó có hiệu suất danh định là 20% (giá trị chính xác là 22,4%) và độ phân giải năng lượng 1,8 keV (giá trị chính xác là 1,72keV) tại năng lượng 1,33 MeV của <sup>60</sup>Co. Cấu trúc detector GC2018 được trình bày trên Hình 3.

Phần chính của detector GC2018 là tinh thể Ge siêu tinh khiết (độ tạp chất vào khoảng 10<sup>10</sup> nguyên tử/cm<sup>3</sup>) gồm tinh thể Ge đường kính ngoài 52 mm, chiều cao 49,5 mm. Bên trong tinh thể có một hốc hình trụ đường kính 7 mm, độ sâu của hốc là 35 mm. Mặt ngoài tinh thể là lớp tiếp xúc loại n (lớp lithium) được khuếch tán có bề dày 0,86 mm nối với điện cực dương. Mặt trong hốc tinh thể là lớp tiếp xúc loại p (lớp boron) được cấy ion có bề dày 3 x 10<sup>-3</sup> mm nối với điện cực âm. Mặt trên cùng của tinh thể có phủ hai lớp vật liệu bao gồm lớp trên được làm bằng kapton với bề dày 0,1 mm, lớp dưới làm bằng mylar được kim loại hóa với bề dày 0,85 x 10<sup>-3</sup> mm.



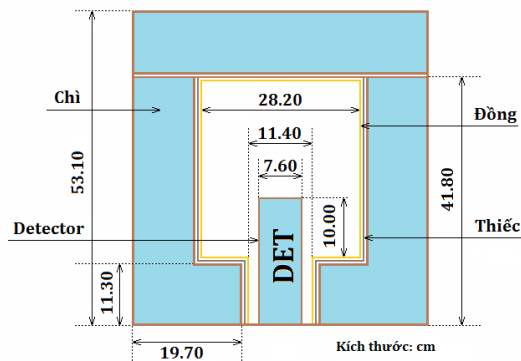
Hình 3. Cấu trúc detector GC2018.

Hộp kín bằng nhôm có độ dày 2,7 mm (chỗ dày nhất); 0,76 mm (chỗ mỏng nhất) để đảm bảo tránh được sự hấp thụ các photon năng lượng thấp. Khoảng chân không ở giữa mặt trên của tinh thể Ge với mặt dưới của vỏ nhôm là 5 mm để tránh va chạm với bề mặt tinh thể Ge khi lắp ráp detector.

**Buồng chì**

Detector GC2018 được đặt trong buồng chì giảm phong từ môi trường. Như ta đã biết chì là loại vật liệu có Z cao chính điều này đã giúp nó hấp thụ tia gamma trong môi trường và làm giảm phong cho detector.

Tuy nhiên tương tác của tia gamma với chì cũng tạo ra các tia X có năng lượng trong khoảng 75 – 85 keV. Các tia X này của chì có thể được ghi nhận bởi detector và làm cho phổ gamma bị nhiễu. Để hạn chế điều này người ta đã lót bên trong buồng chì các lớp Cu và Sn có bề dày tương ứng là 1,5 mm và 1,0 mm.

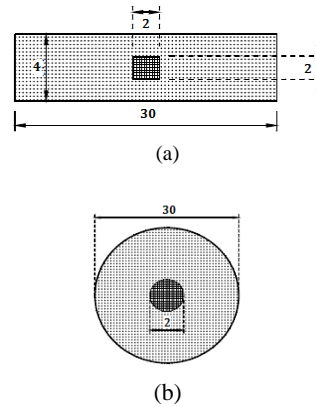


**Hình 4.** Mặt cắt dọc hệ detector - buồng chì.

**Nguồn chuẩn**

**Các nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$**

Các nguồn có dạng trụ nhỏ được mượn tại Khoa Vật lý Trường Đại học Sư phạm Tp.HCM với đường kính 2 mm, chiều cao 2 mm, được phủ một lớp plastic dày 1 mm, có đường kính toàn phần 3 cm, chiều cao toàn phần 4 mm.



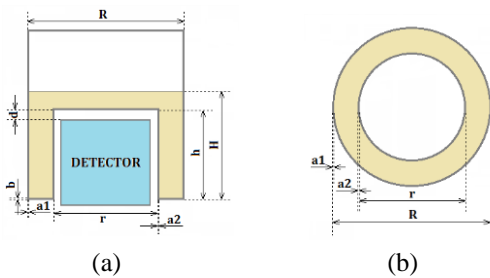
**Hình 5.** Mặt cắt dọc (a) và mặt cắt ngang (b) của các nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm.

**Bảng 1.** Các đặc trưng nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .

| Đồng vị           | Năng lượng (keV) | Xác suất phát trên một phân rã (%) |                | Chu kỳ bán rã (ngày)<br>1 năm = 365.2422 ngày |                  | Hoạt độ (Bq) | Ngày sản xuất |
|-------------------|------------------|------------------------------------|----------------|---|------------------|--------------|---------------|
|                   |                  | $\gamma$                           | $\sigma\gamma$ | $T_{1/2}$                                     | $\sigma T_{1/2}$ |              |               |
| $^{22}\text{Na}$  | 1274,537         | 99,940                             | 0,014          | 950,57  | 0,23             | 37000        | 12/15/07      |
| $^{54}\text{Mn}$  | 834,838          | 99,9746                            | 0,0011         | 312,29  | 0,26             | 37000        | 01/15/08      |
| $^{57}\text{Co}$  | 122,06065        | 85,51                              | 0,06           | 271,80  | 0,05             | 37000        | 01/15/08      |
|                   | 136,47356        | 10,71                              | 0,15           |   |                  |              |               |
| $^{60}\text{Co}$  | 1173,228         | 99,85                              | 0,03           | 1925,23                                       | 0,27             | 37000        | 01/15/08      |
|                   | 1332,492         | 99,9826                            | 0,0006         |   |                  |              |               |
| $^{109}\text{Cd}$ | 88,0336          | 3,626                              | 0,020          | 461,4   | 1,2              | 37000        | 01/15/08      |
| $^{133}\text{Ba}$ | 80,9979          | 32,90                              | 0,30           | 3848,7  | 1,2              | 37000        | 01/15/08      |
|                   | 276,3989         | 7,16                               | 0,05           |   |                  |              |               |
|                   | 302,8508         | 18,34                              | 0,13           |   |                  |              |               |
|                   | 356,0129         | 62,05                              | 0,19           |   |                  |              |               |
| $^{137}\text{Cs}$ | 661,657          | 84,99                              | 0,20           | 10990   | 40               | 26886        | 01/15/08      |

**Nguồn chuẩn dạng Marinelli <sup>152</sup>Eu**

Nguồn có dạng Marinelli xuất xưởng từ phòng thí nghiệm Isotope Products, mã số EG-152, mã nguồn 1576-32 có 14 đỉnh năng lượng gamma với chu kỳ bán hủy  $T_{1/2} = 4933 \pm 11$  ngày, có hoạt độ 37,89 kBq (1,024 $\mu$ Ci), sản xuất ngày 01/3/2012 được trang bị cho Bộ môn Vật lý Hạt nhân với đường kính ngoài  $R = 12$ cm, đường kính trong  $r = 8,8$  cm, chiều cao  $H = 9$  cm, chiều cao trong  $h = 7,5$  cm, khoảng cách  $d = 0,5$  cm, vỏ là một lớp plastic dày  $a_1 = a_2 = b = 2$  mm, thành phần chất nền là exoxy matrix, khối lượng riêng  $\rho = 1$  g/cm<sup>3</sup>



**Hình 6.** Mặt cắt dọc (a) và mặt cắt ngang (b) của nguồn chuẩn dạng Marinelli.

**Chuẩn năng lượng, bề rộng đỉnh**

Việc chuẩn năng lượng thường được làm trước khi tiến hành việc đo đạc để lấy phổ và thường được xem như là một phần của việc khởi động hệ đo. Việc chuẩn năng lượng bao gồm những bước sau: đo phổ của một nguồn phóng xạ có năng lượng gamma phát ra đã được biết trước; xác định các đỉnh gamma có trong phổ theo thứ tự; cung cấp năng lượng tương ứng với các đỉnh được xác định. Từ đó thiết lập mối quan hệ giữa năng lượng gamma và số kênh theo hàm bậc nhất.

$$E = A + B.K \quad (1)$$

Tương tự việc chuẩn bề rộng đỉnh sẽ góp phần nâng cao tính chính xác của việc tính toán diện tích đỉnh cũng như xác định đỉnh chập. Các đỉnh gamma thường được xấp xỉ dưới dạng Gauss và bề rộng một nửa chiều cao (FWHM) của đỉnh thường được làm khớp theo năng lượng dưới dạng:

$$FWHM = A + B\sqrt{E} \quad (2)$$

**Tìm đỉnh phổ tự động**

Đỉnh năng lượng toàn phần chứa những thông tin quan trọng nhất khi phân tích phổ. Vị trí của đỉnh cho ta biết năng lượng bức xạ của nguồn còn diện tích đỉnh cho ta biết hoạt độ của nó. Do vậy, công việc đầu tiên khi phân tích phổ bức xạ của một nguồn là tìm xem số đỉnh tồn tại trong phổ và vị trí của những đỉnh này. Thông thường, đối với những phổ tương đối đơn giản, ta có thể thực hiện các công việc này một cách thủ công. Tuy nhiên, đối với các phổ phức tạp, việc tìm ra các đỉnh này lại không đơn giản, có thể do đỉnh có thống kê quá thấp, biên độ nhỏ hoặc do thăng giáng thống kê quá lớn. Và một vấn đề nữa của việc phân tích thủ công là thời gian dài và kết quả có độ chính xác không cao. Do đó, các thuật toán tìm đỉnh tự động là một giải pháp cần thiết cho công việc này. Hiện nay có khá nhiều thuật toán trong việc tìm kiếm và định vị đỉnh tự động như: phương pháp dựa vào cực đại, phương pháp dựa vào đạo hàm bậc nhất, phương pháp dựa vào đạo hàm bậc hai, v.v...

Thuật toán tìm đỉnh phổ tự động trong chương trình xử lý phổ gamma tự động sử dụng phương pháp vi phân bậc nhất:

Giả sử đỉnh phổ cần tìm có dạng hàm Gauss như sau:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Đạo hàm của  $G(x)$  theo  $x$  được cho kết quả:

$$G'(x) = \frac{\mu - x}{\sqrt{2\pi}\sigma^3} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

Nhận thấy đạo hàm bậc nhất của hàm Gauss nhận giá trị 0 khi  $x = \mu$  và nhận giá trị dương khi  $x < \mu$  và nhận giá trị âm khi  $x > \mu$ . Như vậy đạo hàm bậc nhất của phổ thay dấu ở chóp tận cùng của đỉnh.

Để định vị đỉnh phổ, máy tính theo dõi các nhóm kênh sao cho đạo hàm bậc nhất đã được làm tròn của phổ thỏa mãn tiêu chuẩn (5a), (5b), (5c):

$$N'(p) \leq 0 \quad (5a)$$

$$N'(p+i) < 0 \quad (5b)$$

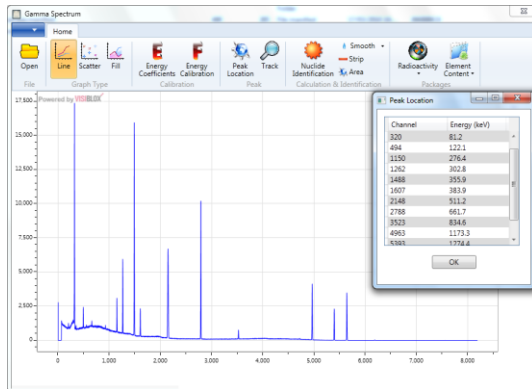
$$N'(p-i) < 0 \quad (5b)$$

Trong đó:

$p$  là vị trí đỉnh;

$i$  là khoảng chạy.

Khoảng chạy của  $i$  được chọn tùy thuộc vào khả năng phân giải năng lượng của hệ phổ kế.



**Hình 7.** Giao diện tìm đỉnh phổ tự động của chương trình VGSpec đối với 7 nguồn  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo cùng lúc tại sắt bề mặt đầu dò.

### Tính diện tích bằng phương pháp Quittner

Phương pháp Quittner được đưa ra nhằm hiệu chỉnh những sai sót khi giả thiết đưa ra là phân bố tuyến tính. Theo đó, phân bố bên dưới vùng đỉnh được mô tả bởi một đa thức bậc hai theo kênh. Cách xây dựng đường phân bố bậc hai này như sau: mỗi phía trái và phải ta lấy một số kênh, phân bố của phía trái và phải vùng đỉnh sẽ nhận được bằng cách làm khớp số đếm tại các kênh này với đa thức bậc hai. Số đếm và độ dốc tại các kênh giữa tính theo đa thức làm khớp của các vùng phân bố sẽ dùng để xây dựng đa thức bậc ba mô tả phân bố trong vùng đỉnh.

Diện tích đỉnh theo phương pháp này sẽ được tính bởi công thức (6)

$$S = \sum_{i=-n}^n (N_i - C_i) \quad (6)$$

Với  $C(i)$  là phỏng tại kênh thứ  $i$  được tính bởi đa thức bậc hai cho ở (7)

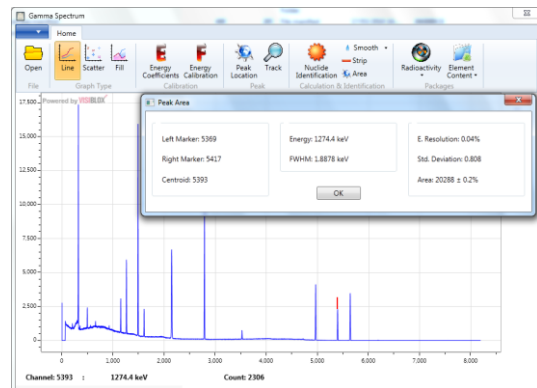
$$C_i = p_1 + q_1(x_p + i - x_1) + \left[ \frac{3(p_r - p_l)}{M^2} - \frac{(q_r + q_l)}{M} \right] (x_p + i - x_1)^2 + \left[ \frac{2(p_l - p_r)}{M^3} - \frac{(q_r + q_l)}{M^2} \right] (x_p + i - x_1)^3 \quad (7)$$

Trong đó:

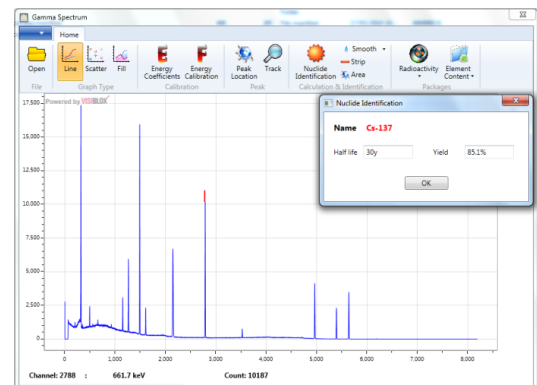
$x_p$  là kênh trung tâm;

$x_l, x_r$  là kênh tâm của vùng phân bố bên trái và phải của đỉnh  $p_l, p_r$  giá trị đa thức bậc hai tại  $x_l, x_r$ ;

$q_l, q_r$  là độ dốc của các đa thức bậc hai tại  $x_l, x_r$ .



**Hình 8.** Giao diện tính diện tích đỉnh đồng vị  $^{22}\text{Na}$  (1274,5 keV) của chương trình VGSpec đối với 7 nguồn  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo cùng lúc tại sắt bề mặt đầu dò.



**Hình 9.** Giao diện nhận diện đồng vị phóng xạ  $^{137}\text{Cs}$  (661,7 keV) của chương trình VGSpec đối với 7 nguồn  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo cùng lúc tại sắt bề mặt đầu dò.

### Xác định hoạt độ nguồn

Phương pháp tuyệt đối là phương pháp xác định hoạt độ phóng xạ chủ yếu dựa vào hiệu suất ghi của detector, các số liệu hạt nhân và các số

liệu thực nghiệm từ hiệu suất ghi của detector. Hoạt độ riêng của đồng vị phóng xạ được xác định theo công thức:

$$A = \frac{S}{\epsilon(E) \cdot y \cdot t} \quad (8)$$

Trong đó:

A là hoạt độ riêng (Bq);

S là diện tích đỉnh năng lượng;

$\epsilon(E)$  là hiệu suất ghi của detector;

y là xác suất phát gamma trên một phân rã (%);

t là thời gian đo mẫu (s).

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

**Bảng 2.** So sánh kết quả Diện tích đỉnh, Tim đỉnh tự động, Nhận diện đồng vị của chương trình Genie 2000 và chương trình VGSpec đối với 7 nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo tại các khoảng cách 6,9cm; 13,8cm; 25,0cm từ bề mặt đầu dò.

| Khoảng cách (cm)  | Thời gian đo (s) | Vị trí đỉnh K | Năng lượng (keV) E | Genie 2000     |                |          | VGSpec    |                |                | Tỉ số hai diện tích |                   |           |
|-------------------|------------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|----------|-----------|----------------|----------------|---------------------|-------------------|-----------|
|                   |                  |               |                    | Diện tích đỉnh |                | Tim đỉnh | Nhận diện | Diện tích đỉnh |                |                     | Tim đỉnh          | Nhận diện |
|                   |                  |               |                    | S              | $\sigma S$ (%) |          |           | S              | $\sigma S$ (%) |                     |                   |           |
| $^{22}\text{Na}$  |                  |               |                    |                |                |          |           |                |                |                     |                   |           |
| 6,9               | 800              | 5298          | 1274,5             | 26388          | 0,62           |          |           | 26271          | 0,26           | x                   | $^{22}\text{Na}$  | 1,00      |
| 13,8              | 2100             | 5297          | 1274,5             | 19177          | 0,73           |          |           | 19148          | 1,12           | x                   | $^{22}\text{Na}$  | 1,00      |
| 25,0              | 4200             | 5299          | 1274,5             | 14211          | 0,85           |          |           | 14294          | 0,01           | x                   | $^{22}\text{Na}$  | 0,99      |
| $^{54}\text{Mn}$  |                  |               |                    |                |                |          |           |                |                |                     |                   |           |
| 6,9               | 1800             | 3463          | 834,8              | 12101          | 0,92           |          |           | 12156          | 0,81           | x                   | $^{54}\text{Mn}$  | 1,00      |
| 13,8              | 5100             | 3462          | 834,8              | 9195           | 1,06           |          |           | 9270           | 1,24           | x                   | $^{54}\text{Mn}$  | 0,99      |
| 25,0              | 14400            | 3460          | 834,8              | 9398           | 1,06           |          |           | 9324           | 0,17           | x                   | $^{54}\text{Mn}$  | 1,01      |
| $^{57}\text{Co}$  |                  |               |                    |                |                |          |           |                |                |                     |                   |           |
| 6,9               | 7500             | 486           | 122,1              | 94679          | 0,34           |          |           | 95082          | 0,75           | x                   | $^{57}\text{Co}$  | 1,00      |
|                   |                  | 546           | 136,5              | 11781          | 1,06           |          |           | 12075          | 2,43           | x                   | $^{57}\text{Co}$  | 0,98      |
| 13,8              | 18000            | 485           | 122,1              | 54527          | 0,47           |          |           | 54496          | 0,23           | x                   | $^{57}\text{Co}$  | 1,00      |
|                   |                  | 546           | 136,5              | 6473           | 1,96           |          |           | 6458           | 3,34           | x                   | $^{57}\text{Co}$  | 1,00      |
| 25,0              | 46800            | 486           | 122,1              | 47361          | 0,58           |          |           | 47942          | 1,18           | x                   | $^{57}\text{Co}$  | 0,99      |
|                   |                  | 546           | 136,5              | 6705           | 2,57           |          |           | 6608           | 12,01          | x                   | $^{57}\text{Co}$  | 1,01      |
| $^{60}\text{Co}$  |                  |               |                    |                |                |          |           |                |                |                     |                   |           |
| 6,9               | 900              | 4879          | 1173,2             | 52740          | 0,45           |          |           | 53150          | 0,14           | x                   | $^{60}\text{Co}$  | 0,99      |
|                   |                  | 5544          | 1332,5             | 44499          | 0,51           |          |           | 47610          | 1,00           | x                   | $^{60}\text{Co}$  | 0,93      |
| 13,8              | 2100             | 4879          | 1173,2             | 34315          | 0,56           |          |           | 34357          | 0,79           | x                   | $^{60}\text{Co}$  | 1,00      |
|                   |                  | 5544          | 1332,5             | 29130          | 0,62           |          |           | 30816          | 0,33           | x                   | $^{60}\text{Co}$  | 0,95      |
| 25,0              | 4500             | 4879          | 1173,2             | 26496          | 0,64           |          |           | 26490          | 0,73           | x                   | $^{60}\text{Co}$  | 1,00      |
|                   |                  | 5544          | 1332,5             | 23031          | 0,69           |          |           | 24106          | 0,26           | x                   | $^{60}\text{Co}$  | 0,96      |
| $^{109}\text{Cd}$ |                  |               |                    |                |                |          |           |                |                |                     |                   |           |
| 6,9               | 2100             | 344           | 88,0               | 4899           | 1,66           |          |           | 5036           | 4,07           | x                   | $^{109}\text{Cd}$ | 0,97      |
| 13,8              | 13200            | 344           | 88,0               | 7430           | 1,69           |          |           | 7749           | 5,32           | x                   | $^{109}\text{Cd}$ | 0,96      |
| 25,0              | 39600            | 344           | 88,0               | 7657           | 2,33           |          |           | 7558           | 6,67           | x                   | $^{109}\text{Cd}$ | 1,01      |
| $^{133}\text{Ba}$ |                  |               |                    |                |                |          |           |                |                |                     |                   |           |
| 6,9               | 400              | 315           | 81,0               | 70015          | 0,41           |          |           | 70482          | 1,37           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 0,99      |
|                   |                  | 1130          | 276,4              | 10105          | 1,09           |          |           | 9965           | 2,81           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 1,01      |
|                   |                  | 1240          | 302,9              | 24246          | 0,67           |          |           | 24377          | 1,88           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 0,99      |
|                   |                  | 1462          | 356,0              | 69231          | 0,38           |          |           | 69402          | 0,34           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 1,00      |
|                   |                  | 1578          | 383,8              | 9361           | 1,05           |          |           | 9396           | 0,07           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 1,00      |
| 13,8              | 1200             | 315           | 81,0               | 50698          | 0,48           |          |           | 50818          | 0,81           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 1,00      |
|                   |                  | 1130          | 276,4              | 8247           | 1,22           |          |           | 8280           | 0,77           | x                   | $^{133}\text{Ba}$ | 1,00      |

Gói *Tính diện tích đỉnh*; Gói *Tim đỉnh phổ tự động*; Gói *Nhận diện đồng vị phóng xạ*; Gói *Nhận diện đồng vị phóng xạ* của chương trình xử lý phổ tự động VGSpec được thực hiện đối với 7 nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  (được đo độc lập tại các khoảng cách 6,9cm; 13,8cm; 25,0cm từ bề mặt đầu dò và được đo cùng lúc tại sát bề mặt đầu dò) và nguồn chuẩn dạng Marinelli  $^{152}\text{Eu}$  được đo tại sát bề mặt đầu dò thể hiện qua các Bảng 2, Bảng 3, Bảng 4.

|      |      |                   |       |       |      |  |  |       |      |   |                   |      |
|------|------|-------------------|-------|-------|------|--|--|-------|------|---|-------------------|------|
|      |      | 1240              | 302,9 | 19034 | 0,75 |  |  | 18998 | 2,40 | x | <sup>133</sup> Ba | 1,00 |
|      |      | 1462              | 356,0 | 55948 | 0,43 |  |  | 55777 | 0,29 | x | <sup>133</sup> Ba | 1,00 |
|      |      | 1578              | 383,8 | 7515  | 1,17 |  |  | 7506  | 1,75 | x | <sup>133</sup> Ba | 1,00 |
| 25,0 | 2700 | 315               | 81,0  | 38310 | 0,57 |  |  | 38629 | 1,43 | x | <sup>133</sup> Ba | 0,99 |
|      |      | 1129              | 276,4 | 6391  | 1,41 |  |  | 6486  | 1,43 | x | <sup>133</sup> Ba | 0,99 |
|      |      | 1240              | 302,9 | 15099 | 0,85 |  |  | 15300 | 5,61 | x | <sup>133</sup> Ba | 0,99 |
|      |      | 1462              | 356,0 | 44192 | 0,48 |  |  | 44122 | 0,79 | x | <sup>133</sup> Ba | 1,00 |
|      |      | 1579              | 383,8 | 5861  | 1,35 |  |  | 5858  | 2,41 | x | <sup>133</sup> Ba | 1,00 |
|      |      | <sup>137</sup> Cs |       |       |      |  |  |       |      |   |                   |      |
| 6,9  | 300  | 2739              | 661,7 | 39450 | 0,51 |  |  | 39494 | 0,64 | x | <sup>137</sup> Cs | 1,00 |
| 13,8 | 600  | 2739              | 661,7 | 21361 | 0,69 |  |  | 21415 | 0,11 | x | <sup>137</sup> Cs | 1,00 |
| 25,0 | 1500 | 2739              | 661,7 | 18894 | 0,73 |  |  | 18840 | 0,27 | x | <sup>137</sup> Cs | 1,00 |

**Bảng 3.** So sánh kết quả Diện tích đỉnh, Tim đỉnh tự động, Nhận diện đồng vị của chương trình Genie 2000 và chương trình VGSpec đối với 7 nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm <sup>22</sup>Na, <sup>54</sup>Mn, <sup>57</sup>Co, <sup>60</sup>Co, <sup>109</sup>Cd, <sup>133</sup>Ba, <sup>137</sup>Cs được đo cùng lúc tại sắt bề mặt đầu dò.

| Đồng vị           | Thời gian đo (s) | Vị trí đỉnh | Năng lượng (keV) | Genie 2000     |        |          |           | VGSpec         |        |          |                   | Tỉ số hai diện tích |
|-------------------|------------------|-------------|------------------|----------------|--------|----------|-----------|----------------|--------|----------|-------------------|---------------------|
|                   |                  |             |                  | Diện tích đỉnh |        | Tim đỉnh | Nhận diện | Diện tích đỉnh |        | Tim đỉnh | Nhận diện         |                     |
|                   |                  |             |                  | S              | σS (%) |          |           | S              | σS (%) |          |                   |                     |
| <sup>133</sup> Ba | 2700             | 320         | 81,0             | 81242          | 0,41   |          |           | 80894          | 0,00   | x        | <sup>133</sup> Ba | 1,00                |
| <sup>109</sup> Cd | 2700             | 350         | 88,0             | 784            | 20,71  |          |           | 1087           | 34,41  | x        | <sup>109</sup> Cd | 0,72                |
| <sup>57</sup> Co  | 2700             | 494         | 122,1            | 7509           | 2,76   |          |           | 7782           | 11,44  | x        | <sup>57</sup> Co  | 0,96                |
| <sup>57</sup> Co  | 2700             | 556         | 136,5            | 779            | 25,14  |          |           | 755            | 11,52  |          | <sup>57</sup> Co  | 1,03                |
| <sup>133</sup> Ba | 2700             | 1150        | 276,4            | 14431          | 1,43   |          |           | 14880          | 1,17   | x        | <sup>133</sup> Ba | 0,97                |
| <sup>133</sup> Ba | 2700             | 1262        | 302,9            | 32241          | 0,72   |          |           | 31970          | 0,83   | x        | <sup>133</sup> Ba | 1,01                |
| <sup>133</sup> Ba | 2700             | 1488        | 356,0            | 94259          | 0,35   |          |           | 94730          | 0,25   | x        | <sup>133</sup> Ba | 1,00                |
| <sup>133</sup> Ba | 2700             | 1607        | 383,8            | 12891          | 1,25   |          |           | 13386          | 1,01   | x        | <sup>133</sup> Ba | 0,96                |
| <sup>137</sup> Cs | 2700             | 2788        | 661,7            | 71555          | 0,39   |          |           | 71602          | 0,52   | x        | <sup>137</sup> Cs | 1,00                |
| <sup>54</sup> Mn  | 2700             | 3523        | 834,8            | 4648           | 2,28   |          |           | 4714           | 4,94   | x        | <sup>54</sup> Mn  | 0,99                |
| <sup>60</sup> Co  | 2700             | 4963        | 1173,2           | 34310          | 0,56   |          |           | 34447          | 0,58   | x        | <sup>60</sup> Co  | 1,00                |
| <sup>22</sup> Na  | 2700             | 5393        | 1274,5           | 20315          | 0,71   |          |           | 20288          | 0,17   | x        | <sup>22</sup> Na  | 1,00                |
| <sup>60</sup> Co  | 2700             | 5640        | 1332,5           | 30819          | 0,57   |          |           | 30750          | 0,42   | x        | <sup>60</sup> Co  | 1,00                |

**Bảng 4.** So sánh kết quả Diện tích đỉnh, Tim đỉnh tự động, Nhận diện đồng vị của chương trình Genie 2000 và chương trình VGSpec đối với nguồn chuẩn dạng Marinelli <sup>152</sup>Eu được đo tại sắt bề mặt đầu dò.

| Đồng vị           | Thời gian đo (s) | Vị trí đỉnh | Năng lượng (keV) | Genie 2000     |        |          |           | VGSpec         |        |          |                   | Tỉ số hai diện tích |
|-------------------|------------------|-------------|------------------|----------------|--------|----------|-----------|----------------|--------|----------|-------------------|---------------------|
|                   |                  |             |                  | Diện tích đỉnh |        | Tim đỉnh | Nhận diện | Diện tích đỉnh |        | Tim đỉnh | Nhận diện         |                     |
|                   |                  |             |                  | S              | σS (%) |          |           | S              | σS (%) |          |                   |                     |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 492         | 121,8            | 1265246        | 0,11   |          |           | 1286723        | 0,75   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,98                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 1011        | 244,7            | 243380         | 0,29   |          |           | 243372         | 5,58   | x        | <sup>152</sup> Eu | 1,00                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 1432        | 344,3            | 683990         | 0,13   |          |           | 690087         | 0,04   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 1715        | 411,1            | 42027          | 0,95   |          |           | 42537          | 16,17  | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 1854        | 444,0            | 60247          | 0,68   |          |           | 59807          | 1,45   | x        | <sup>152</sup> Eu | 1,01                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 3271        | 778,9            | 159544         | 0,32   |          |           | 161778         | 1,75   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 3645        | 867,4            | 43751          | 0,84   |          |           | 44091          | 11,62  | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 4054        | 964,1            | 154492         | 0,30   |          |           | 155485         | 0,63   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 4570        | 1085,8           | 110147         | 0,38   |          |           | 121047         | 1,04   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,91                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 4585        | 1089,7           | 76296          | 0,60   |          |           | 119902         | 2,43   |          | <sup>152</sup> Eu | 0,64                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 4681        | 1112,1           | 132257         | 0,32   |          |           | 134956         | 8,55   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,98                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 5107        | 1212,9           | 10583          | 1,92   |          |           | 11840          | 8,26   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,89                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 5472        | 1299,1           | 12314          | 1,35   |          |           | 12396          | 11,33  | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |
| <sup>152</sup> Eu | 3600             | 5933        | 1408,0           | 164845         | 0,25   |          |           | 166149         | 0,76   | x        | <sup>152</sup> Eu | 0,99                |

Kết quả tính Diện tích đỉnh của chương trình xử lý phổ tự động VGSpec cho kết quả:

- Sai lệch không quá 1%, 1%, 2%, 1%, 7%, 4%, 2% và trùng khớp một cách tương ứng tại đỉnh 1274,5 keV; 834,8 keV; 2 đỉnh (122,1 keV và 136,5 keV); 1173,2 keV; 1332,5 keV; 88,0 keV; 5 đỉnh (81,0 keV; 276,4 keV; 302,9 keV; 356,0 keV; 383,3 keV) và 661,7 keV so với Genie 2000; tìm đỉnh phổ tự động và nhận diện đồng vị trùng khớp tại đỉnh 1274,5 keV; 834,8 keV; 2 đỉnh (122,1 keV và 136,5 keV), 2 đỉnh (1173,2 keV; 1332,5 keV); 88,0 keV; 5 đỉnh (81,0 keV; 276,4 keV; 302,9 keV; 356,0 keV; 383,3 keV) và 661,7 keV với các nguồn chuẩn trụ  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  và  $^{137}\text{Cs}$  tại các khoảng cách 6,9 cm; 13,8 cm và 25 cm từ bề mặt detector.
- Sai lệch không quá 4% tại 12 đỉnh (trừ nguồn  $^{109}\text{Cd}$  do chu kỳ bán rã quá ngắn và

xác suất phát gamma quá nhỏ so với các nguồn còn lại) so với Genie 2000; Tìm 12/13 đỉnh phổ tự động, Nhận diện đồng vị trùng khớp tại 13 đỉnh năng lượng với 7 nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo cùng lúc tại sát bề mặt đầu dò.

- Sai lệch không quá 2% tại 13 đỉnh (trừ đỉnh 1089,7 keV do hiện tượng chồng chập phổ) so với Genie 2000, Tìm 13/14 đỉnh phổ tự động, Nhận diện đồng vị trùng khớp tại 14 đỉnh với nguồn chuẩn dạng Marinelli  $^{152}\text{Eu}$  được đo tại sát bề mặt đầu dò.

Gói *Xác định hoạt độ nguồn, tra cứu thư viện đồng vị* của chương trình xử lý phổ tự động VGSpec được thực hiện với 7 nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo cùng lúc tại sát bề mặt đầu dò và nguồn chuẩn dạng Marinelli  $^{152}\text{Eu}$  được đo tại sát bề mặt đầu dò thể hiện qua các Bảng 5, Bảng 6.

**Bảng 5.** Kết quả Xác định hoạt độ nguồn của chương trình VGSpec đối với 7 nguồn chuẩn dạng trụ giả điểm  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  được đo cùng lúc tại sát bề mặt đầu dò.

| Đồng vị           | Vị trí đỉnh              |        | Diện tích đỉnh | Hoạt độ (Bq) |             |
|-------------------|--------------------------|--------|----------------|--------------|-------------|
|                   | K                        | E      |                | A            | $\sigma_A$  |
| $^{22}\text{Na}$  | 5393                     | 1274,5 | 20288          | <b>12743</b> | <b>21</b>   |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |        |                | <b>12958</b> | <b>3</b>    |
| $^{54}\text{Mn}$  | 3523                     | 834,8  | 4714           | <b>1632</b>  | <b>81</b>   |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |        |                | <b>1626</b>  | <b>4</b>    |
| $^{57}\text{Co}$  | 494                      | 122,1  | 7782           | 1015         | 116         |
|                   | 556                      | 136,5  | 755            | 993          | 115         |
|                   | Hoạt độ trung bình       |        |                | <b>1004</b>  | <b>116</b>  |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |        |                | <b>1021</b>  | <b>1</b>    |
| $^{60}\text{Co}$  | 4963                     | 1173,2 | 34447          | 22030        | 129         |
|                   | 5640                     | 1332,5 | 30750          | 22335        | 94          |
|                   | Hoạt độ trung bình       |        |                | <b>22183</b> | <b>112</b>  |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |        |                | <b>22288</b> | <b>2</b>    |
| $^{109}\text{Cd}$ | 350                      | 88     | 1087           | <b>4206</b>  | <b>1447</b> |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |        |                | <b>4464</b>  | <b>25</b>   |
| $^{133}\text{Ba}$ | 320                      | 81     | 80894          | 29376        | 268         |
|                   | 1150                     | 276,4  | 14880          | 29604        | 403         |
|                   | 1262                     | 302,8  | 31970          | 28071        | 307         |
|                   | 1488                     | 356    | 94730          | 28272        | 111         |
|                   | 1607                     | 383,9  | 13386          | 28293        | 343         |



|                   |                          |       |       |              |            |
|-------------------|--------------------------|-------|-------|--------------|------------|
| <sup>137</sup> Cs | Hoạt độ trung bình       |       |       | <b>28723</b> | <b>286</b> |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |       |       | <b>28714</b> | <b>2</b>   |
|                   | 2788                     | 661,7 | 71602 | <b>24377</b> | <b>140</b> |
|                   | Hoạt độ tại thời điểm đo |       |       | <b>24602</b> | <b>8</b>   |

**Bảng 6.** Kết quả Xác định hoạt độ nguồn của chương trình VGSpec đối với nguồn chuẩn dạng Marinelli <sup>152</sup>Eu được đo tại sắt bề mặt đầu dò.

| Vị trí đỉnh              | Năng lượng (keV) | Diện tích đỉnh | Hoạt độ (Bq) |             |
|--------------------------|------------------|----------------|--------------|-------------|
| K                        | E                | S              | A            | σA          |
| 492                      | 121,7817         | 1286723        | 37986        | 334         |
| 1011                     | 244,6974         | 243372         | 37575        | 2108        |
| 1432                     | 344,2785         | 690087         | 38077        | 173         |
| 1715                     | 411,1165         | 42537          | 37355        | 6042        |
| 1854                     | 443,965          | 59807          | 37918        | 574         |
| 3271                     | 778,9045         | 161778         | 37854        | 687         |
| 3645                     | 867,38           | 44091          | 37603        | 4376        |
| 4054                     | 964,072          | 155485         | 38566        | 290         |
| 4570                     | 1085,837         | 121047         | 43389        | 521         |
| 4585                     | 1089,737         | 119902         | 252505       | 6308        |
| 4681                     | 1112,076         | 134956         | 37451        | 3207        |
| 5107                     | 1212,948         | 11840          | 38803        | 3213        |
| Hoạt độ trung bình       |                  |                | <b>37833</b> | <b>2123</b> |
| Hoạt độ tại thời điểm đo |                  |                | <b>37609</b> | <b>1</b>    |

Kết quả xác định hoạt độ đồng vị của chương trình xử lý phổ tự động VGSpec phù hợp với nguồn trụ và nguồn Marinelli, cho thấy chương trình chạy ổn định.

#### KẾT LUẬN

Chương trình xử lý phổ gamma tự động VGSpec có khả năng thực hiện được một số thao tác cơ bản như: đọc và hiển thị phổ; làm trơn phổ; trừ phông; chuẩn năng lượng và bề rộng đỉnh; tính diện tích đỉnh; đã được so sánh với một

trong những chương trình xử lý phổ thông dụng nhất hiện nay là Genie 2000 cho kết quả phù hợp.

Ngoài ra chương trình VGSpec đã cải tiến hơn phiên bản Genie 2000 tại bộ môn là tìm đỉnh phổ tự động, nhận diện đồng vị phóng xạ, xác định hoạt độ nguồn, tra cứu thư viện đồng vị đối với nguồn trụ và nguồn Marinelli và cho kết quả phù hợp.

# Assessing an accuracy of vgspec program through ability of calculating peak area, automatically finding the peak, identifying isotopes and determining radioactivity for cylindrical and marinelli sources

- **Trinh Quang Vinh**

Viet Nam National University - Ho Chi Minh City (VNU-HCM)

- **Truong Thi Hong Loan**

- **Mai Van Nhon**

University of Science, VNU-HCM

## ABSTRACT

*Genie 2000 version of gamma spectrum processing program, which is being used at Nuclear Physics Department, Physics – Technique Physics Faculty, University of Science is lacked of package for determining radioactivity of sources, also has not been comprehensibly automatic from analysis and process to identification of radioactive isotopes and evaluation of source activity. We have built version 2.1 of VGSpec*

*program to determine source radioactivity. Then, the experiments are carried out to measure cylindrical standard and Marinelli samples by low background gamma spectrometer using HPGe detector, to compare experimental results with ones of the program, as well as assess the accuracy of VGSpec program through ability of determining radioactivity for cylindrical and Marinelli sources.*

**Key words:** HPGe, Genie 2000, WPF, VGSpec.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C. Hacker, *Radiation decay*, Version 4.1, FreeWare (2009).
- [2]. C.J. Sullivan, Generation of customized wavelets for the analysis of g-ray spectra, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A579, 275-278 (2007).
- [3]. E. Yoshida, Application of neural networks for the analysis of gamma-ray spectra measured with a Ge spectrometer, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A484, 557–563 (2002).
- [4]. IAEA-TECDOC-1011, Intercomparison of gamma ray analysis software packages, IAEA (1998).
- [5]. J.M.L. Arcos, Gamma-ray spectra deconvolution by maximum-entropy methods, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A 369, 634-636 (1996).
- [6]. [www.laraweb.free.fr](http://www.laraweb.free.fr)