

# XÁC LẬP THAM SỐ THỜI GIAN CỦA HỆ PHỔ KẾ TRÙNG PHÙNG CHO PHÂN TÍCH KÍCH HOẠT

*ThS. Trương Văn Minh<sup>1</sup>  
PGS.TS. Phạm Đình Khang<sup>2</sup>  
TS. Nguyễn Xuân Hải<sup>2</sup>  
ThS. Lê Thị Thanh Hà<sup>3</sup>  
ThS. Phan Văn Chuân<sup>4</sup>*

## TÓM TẮT

*Ứng dụng phương pháp trùng phùng trong phân tích kích hoạt đã và đang được triển khai ở một số nước trên thế giới. Từ năm 2005, tại Viện nghiên cứu hạt nhân (NCHN), hệ phổ kế trùng phùng gamma – gamma đã được thiết lập cho việc thu nhận số liệu hạt nhân. Gần đây, hệ này còn được triển khai ứng dụng trong phân tích kích hoạt neutron. Nội dung bài báo này trình bày một số kết quả xác lập các tham số thời gian của hệ phổ kế trùng phùng sử dụng trong phân tích kích hoạt ở vùng năng lượng thấp; kết quả xác lập các tham số mới cho kênh thời gian đã áp dụng thử nghiệm phân tích mẫu địa chất.*

**Từ khóa:** *Hệ phổ kế trùng phùng; phân tích kích hoạt; tham số thời gian*

### 1. Mở đầu

Hệ phổ kế trùng phùng gamma – gamma ghi “sự kiện-sự kiện” đã được thiết lập tại NCHN. Các nghiên cứu trước đây trên hệ này chủ yếu tập trung ở cấu trúc hạt nhân, mà phần chính là các mức phân rã nối tầng [1,2]. Thông tin từ phổ thời gian (phổ TAC) của hệ dùng để giảm nhiễu, chọn các sự kiện trùng phùng thực. Tuy nhiên, trước đây do độ phân giải thời gian của hệ chưa tốt (khoảng 14ns) [2], nên khả năng cung cấp thông tin từ phổ thời gian của hệ chưa được nhiều. Để nâng cao khả năng cung cấp thông tin thực nghiệm của hệ phổ kế trùng phùng gamma – gamma ghi “sự kiện-sự kiện” và khả năng giảm nhiễu trong phép đo, nhóm nghiên cứu đã cải thiện độ phân giải thời gian của hệ, xây dựng thuật toán gate số liệu của phương pháp. Kết quả xác lập tối ưu các tham số thời gian của hệ có ý nghĩa lớn trong việc áp dụng hệ trong phân tích kích hoạt.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thiết lập được bộ tham số tối ưu của hệ và áp dụng để phân tích mẫu địa chất bằng phương pháp trùng phùng gamma – gamma.

### 2. Phương pháp thực nghiệm

#### 2.1. Cải thiện độ phân giải thời gian

Hệ phổ kế trùng phùng gamma – gamma ghi “sự kiện-sự kiện” tại Viện NCHN được mô tả trên hình 1. HPGe I và HPGe II là hai detector bán dẫn kiểu GMX 35. Các khối điện tử và tham số được mô tả chi tiết trong tài liệu tham khảo [1, 2, 3]. Độ phân giải thời gian của hệ ngoài việc phụ thuộc vào chất lượng các detector, chất lượng các khối điện tử, cách bố trí thí nghiệm, thì vấn đề quan trọng là độ phân giải thời gian của hệ phụ thuộc rất nhiều vào việc lựa chọn các tham số của kênh thời gian của hệ. Tuy nhiên, muốn chọn lựa các tham số tối ưu

<sup>1</sup>Trường Đại học Đồng Nai

<sup>2</sup>Viện Nghiên cứu Hạt nhân Đà Lạt

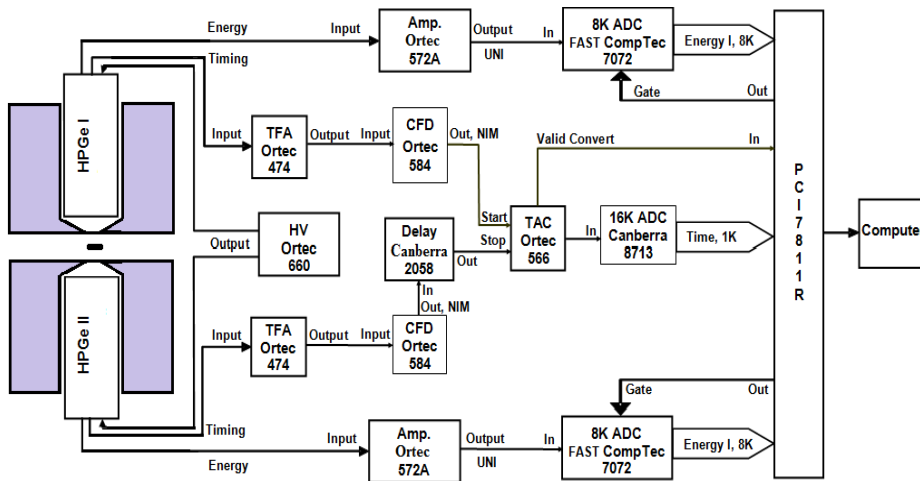
<sup>3</sup>Trường Cao đẳng Công thương Tp. Hồ Chí Minh

<sup>4</sup>Trường Đại học Đà Lạt

cho kênh thời gian, thì người làm thực nghiệm cần phải hiệu chỉnh sao cho vẫn đảm bảo ba điều kiện sau:

- Hiệu suất ghi của toàn phổ kế không bị ảnh hưởng nhiều;

- Đỉnh phổ luôn cho độ rộng cực đại tốt nhất có thể, và tỉ số diện tích đỉnh trên phổ là cực đại;
- Phổ năng lượng giữa các kênh cần có sự đối xứng nhau.



**Hình 1.** Cấu hình hệ đo trùng phùng gamma – gamma “sự kiện-sự kiện”.

Để giảm thời gian khảo sát, dao động ký được sử dụng để chọn nhanh tổ hợp các giá trị cho khuếch đại lọc lựa thời gian (TFA) theo tiêu chí tín hiệu có biên độ lớn và tuyến tính. Việc đặt ngưỡng cho khối phân biệt ngưỡng hằng được thực hiện ở giá trị ngưỡng dưới là 121 keV. Ở giá trị được chọn, ngưỡng được đặt không quá thấp nhằm giảm ảnh hưởng của nhiễu, đồng thời vừa đủ cao để không cắt mất tín hiệu. Sau khi đã ước lượng được giá trị ngưỡng, các phép đo khảo sát được thực hiện quanh các giá trị này để chọn ra giá tốt nhất.

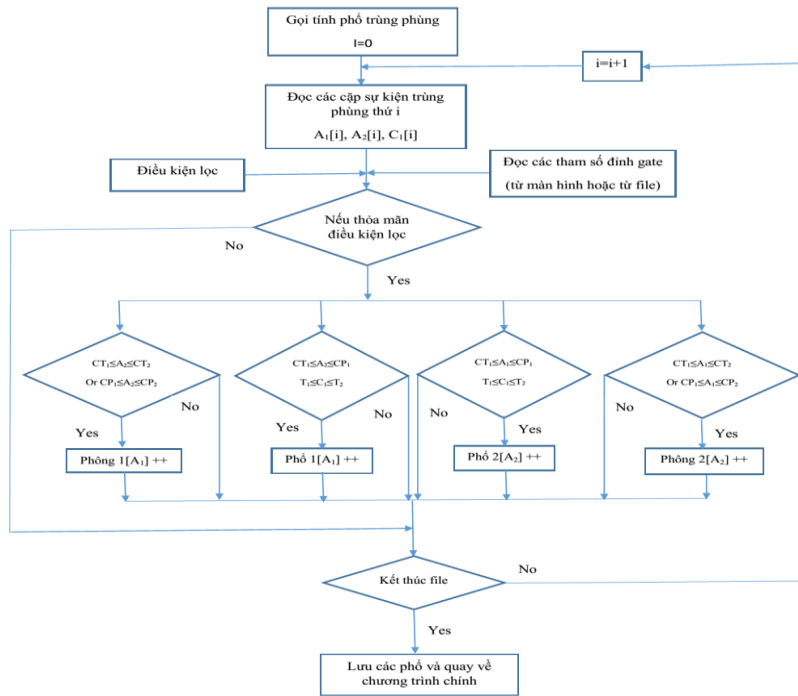
Để thử nghiệm chất lượng của các tham số được chọn, các phép đo với Co-60 đã được thực hiện. Dải thời gian của TAC được đặt là 100 ns và ADC dùng cho phân tích phổ TAC đặt ở 1k.

### 2.2. Kiểm tra hệ đo sau khi hiệu chỉnh tham số

Dùng mẫu chuẩn là mẫu địa chất [4], đựng trong túi nylon sạch và hàn kín với kích thước túi đựng mẫu là 10mm × 10 mm, khối lượng mẫu là 148,3 mg và chiếu tại mâm quay của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt, thông lượng neutron tại vị trí chiếu mẫu ~ 3,76.10<sup>12</sup>n/cm<sup>2</sup>s [5]. Mẫu được đặt trong container nhôm và chiếu trong thời gian 10 giờ.

Sau khi kết thúc chiếu, mẫu được để rã với thời gian là 90 ngày. Sau đó, tiến hành đo với thời gian 100 giờ ở chế độ đo trùng phùng.

Thuật toán xử lý số liệu trong chế độ đo trùng phùng gamma – gamma ghi “sự kiện - sự kiện” được trình bày theo hình vẽ sau:



**Hình 2.** Sơ đồ thuật toán xử lý số liệu.

Giới hạn đo và hàm lượng nguyên tố trong mẫu địa chất của phương pháp đo trùng phùng gamma được tính theo công thức (1) và (2) sau đây:

$$C_{DL} = \frac{3.29C \sqrt{\left(1 + \frac{\eta_p}{\eta_B}\right)}}{\sqrt{\left(\frac{P}{B}\right)\left(\frac{P}{t}\right)t}} \quad (1)$$

Trong đó:

- $C_{DL}$ : giới hạn đo tính theo đơn vị hàm lượng (ppm);
- C: hàm lượng của đồng vị quan tâm trong mẫu phân tích (ppm);
- P: diện tích đỉnh phổ (số đếm);
- B: diện tích nền phong dưới đỉnh (số đếm);
- t: thời gian đo mẫu (giây);
- $\eta_p$  và  $\eta_B$  là hằng số.

Hàm lượng nguyên tố trong mẫu được tính bằng phương pháp tương đối:

$$\rho = \frac{\left(\frac{N_p/t_c}{W.D.C}\right)_a}{\left(\frac{N_p/t_c}{w.D.C}\right)_s} \quad (2)$$

Trong đó:

$\rho$  là hàm lượng của nguyên tố cần phân tích (g/g);

W là khối lượng mẫu phân tích (g);

w là khối lượng nguyên tố quan tâm trong mẫu chuẩn bằng hàm lượng nhân với khối lượng mẫu chuẩn (g);

$N_p$  là số đếm của đỉnh năng lượng tia gamma;

$S = 1 - \exp(-\lambda t_i)$  là hệ số bão hòa,  $t_i$  là thời gian chiếu;

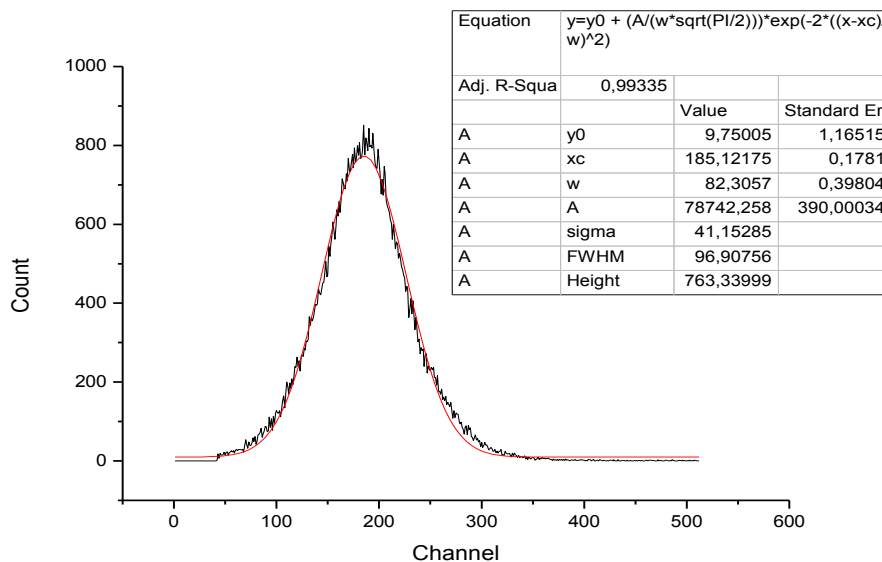
$D = \exp(-\lambda t_d)$  là hệ số hiệu chỉnh thời gian rã,  $t_d$  là thời gian phân rã;

$C = [1 - \exp(-\lambda t_c)]/(\lambda t_c)$  là hệ số hiệu chỉnh thời gian rã trong khi đo,  $t_c$  là thời gian đo;

Kí hiệu “a” chỉ mẫu phân tích, và “s” chỉ mẫu chuẩn.

### 3. Kết quả

#### 3.1. Phổ thời gian của hệ

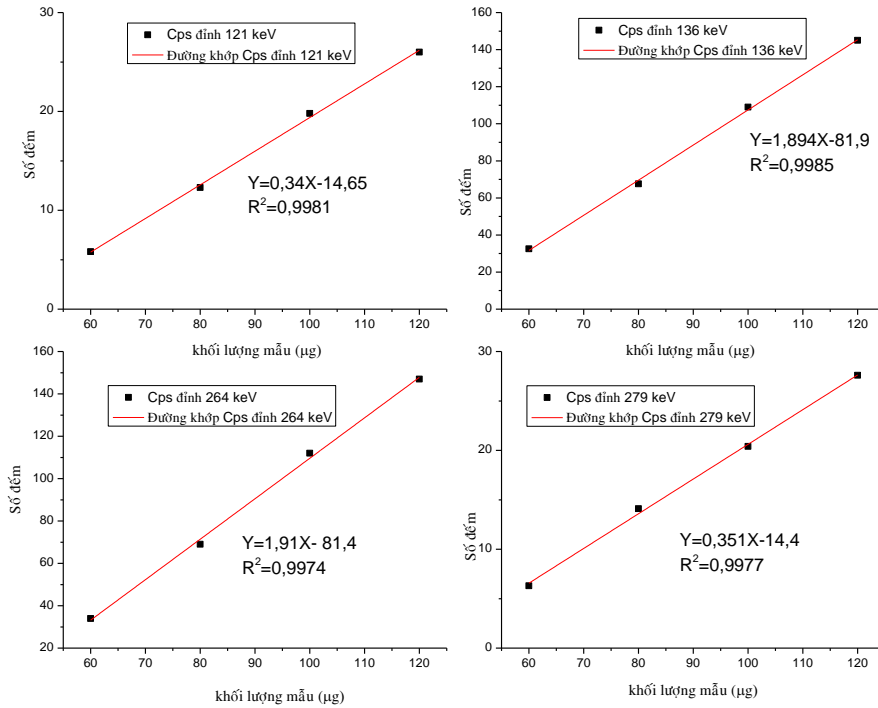


**Hình 3.** Phổ thời gian đo với Co-60.

Phổ được đo với nguồn Co-60 hoạt độ 0,95  $\mu\text{Ci}$ ; thời gian đo 1 giờ. Kết quả kiểm nghiệm hệ đo trùng phùng “sự kiện – sự kiện” tại Viện NCHN theo kênh thời gian có hệ số 0,098 ns/kênh. Thực nghiệm cho thấy độ phân giải thời thu được từ quá trình làm khớp là  $\text{FWHM} = 96,9 \times 0,098 = 9,46$  ns.

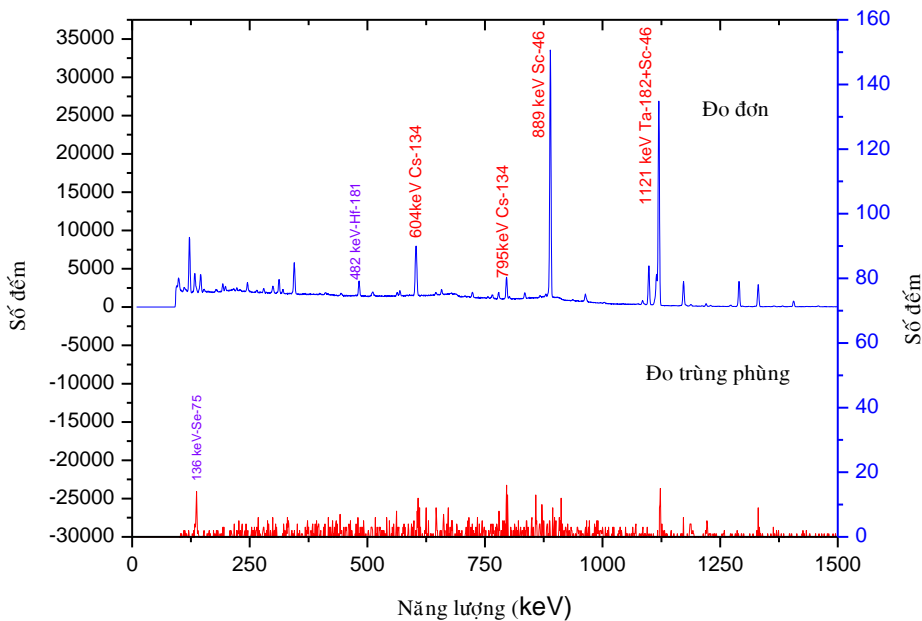
#### 3.2. Kiểm tra, phân tích mẫu

Phân tích mẫu bằng phương pháp chuẩn đơn để đánh giá khả năng đáp ứng của phương pháp trong phân tích kích hoạt. Kết quả biểu diễn mối quan hệ giữa tốc độ đếm và khối lượng mẫu được trình bày ở hình 4.



**Hình 4.** Sự phụ thuộc giữa tốc độ đếm và khối lượng mẫu bằng phương pháp đo trùng phùng

Tiến hành phân tích nguyên tố Selen trong mẫu địa chất bằng phương pháp trùng phùng, phương pháp xử lí số liệu được trình bày ở mục II.2. Phổ đo đơn và đo trùng phùng của mẫu địa chất được trình bày ở Hình 5.



**Hình 5.** Phổ đo đơn và đo trùng phùng mẫu địa chất

Trong mẫu địa chất, có 46 nguyên tố có mặt trong mẫu [4]. Tuy nhiên, kết quả ở Hình 5 cho thấy trong phép đo trùng phùng đã loại bỏ được các đồng vị nhiễu

và giảm nền phông đáng kể. Kết quả xác định hàm lượng Se trong mẫu địa chất được trình bày trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Hàm lượng Se trong mẫu phân tích

Nguyên tố	Giá trị xác định (ppm)	Giá trị chứng nhận (ppm)	Z-Score
Se	$1,86 \pm 0,13$	2	1,08

Kết quả phân tích hàm lượng Se trong mẫu trên Bảng 1 có Z-Score < 2, điều này cho thấy giá trị này phù hợp với giá trị chứng nhận của mẫu chuẩn.

#### 4. Kết luận

Kết quả khảo sát tham số hệ đo cho thấy phổ thời gian thu được có độ phân giải là 9,46ns, như vậy sự thay các đầu dò và tối ưu các tham số đã cải thiện độ phân giải thêm 4 ns so với các công bố trước đây.

Hệ phổ kế trùng phùng Gamma-gamma ghi “sự kiện - sự kiện” sau khi xác lập mới các tham số kênh thời gian đã cho độ phân giải thời gian rất tốt. Thuật toán và chương trình xử lý phổ trong đo trùng phùng cho phép tách được các đỉnh chập của các đồng vị nhiễu ảnh hưởng lên việc phân tích hàm lượng Se trong mẫu địa chất.

Nghiên cứu này đã góp phần hoàn thiện khả năng của hệ phổ kế trùng phùng trong phân tích kích hoạt tại Viện nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Xuân Hải (2010), *Ứng dụng phương pháp cộng biên độ các xung trùng phùng nghiên cứu phân rã gamma nối tầng của Yb và Sm trên Lò phản ứng Hạt nhân Đà Lạt*, Luận án Tiến sĩ, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam.
2. Phạm Đình Khang, V.H. Tan, N.X. Hai, N.N. Dien (2011), *Gamma-gamma coincidence spectrometer setup for neutron activation analysis and nuclear structure studies*, Nucl. Instr. and Meth. A631.
3. Vương Hữu Tấn và các cộng sự (2006), *Nghiên cứu cường độ chuyển dời gamma nối tầng và sơ đồ mức kích thích vùng năng lượng trung gian của các hạt nhân  $^{152}\text{Sm}$ ,  $^{182}\text{Ta}$ ,  $^{59}\text{Ni}$  và  $^{239}\text{U}$* , Báo cáo đề tài nghiên cứu cấp bộ năm 2005-2006, Đà Lạt.
4. NIST (2013), *Standard Reference Material Montana II Soil- 2711A*.
5. Cao Dong Vu (2014), *Characterization of neutron spectrum parameters at irradiation channels for neutron activation analysis after full conversion of the Dalat nuclear research reactor to low enriched uranium fuel*. Nuclear Science and Technology, 4(1): p. 70-75.

**DETERMINATION OF TIMING PARAMETERS OF THE COINCEDENCE SPECTROMETER FOR NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS****ABSTRACT**

*The application of the coincidence method of the neutron activation analysis has been put into operation in some countries in the world. Since 2005, at Dalat nuclear research institute, the gamma-gamma coincidence spectrometer has been used to collect data of nuclear. Recently, this spectrometer has been also widely used in neutron activation analysis. This paper shows some results of the established gamma – gamma coincidence system parameters used in neutron activation at low energy range; and applied testing of soil sample.*

**Keywords:** *The coincidence spectrometer; neutron activation analysis; timing parameter*