

# XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG $^{137}\text{Cs}$ BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHỔ KẾ GAMMA

LÊ QUỐC VIỆT

*Viện Công nghệ Xạ hiếm – 48 Láng Hạ, Đống Đa, Hà Nội*

*lqviet1991@gmail.com*

**Tóm tắt:** Đã xác định được hàm lượng  $^{137}\text{Cs}$  bằng phương pháp phổ kế gamma sử dụng detector Germanium siêu tinh khiết (HPGe detector). Đã nghiên cứu chuẩn năng lượng, tính toán hiệu suất tại đỉnh 661.62 keV và một số thông số quan trọng như: thời gian chết, độ phân giải năng lượng, giới hạn phát hiện, giới hạn định lượng. Quy trình xác định hàm lượng  $^{137}\text{Cs}$  bằng phổ kế gamma đã được áp dụng phân tích một số mẫu cho kết quả tốt với độ nhạy cao.

**Từ khóa:**  $^{137}\text{Cs}$ , phương pháp phổ kế gamma, HPGe detector.

## DETERMINATION OF $^{137}\text{Cs}$ CONCENTRATION BY GAMMA SPECTROMETRY

LE QUOC VIET

*Institute for Technology of Radioactive and Rare Elements – 48 Lang Ha, Dong Da, Ha Noi*

*lqviet1991@gmail.com*

**Abstract:** The determination of  $^{137}\text{Cs}$  concentration by gamma spectrometry using High Purity Germanium detector (HPGe detector) has been done. Study of energy calibration, efficiency calculation at 661.62 keV photopeak and some important parameters such as: dead time, energy resolution, lower limit of detection, minimum detectable concentration has been taken. The procedure of determining  $^{137}\text{Cs}$  concentration by gamma spectrometry has been applied to analyse some samples showing good accuracy with high sensitivity.

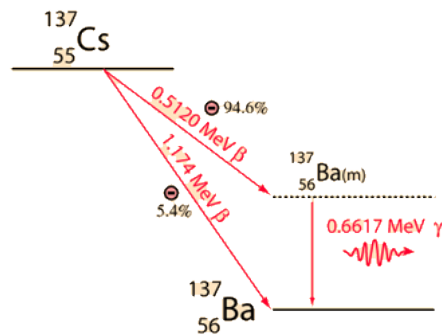
**Keywords:**  $^{137}\text{Cs}$ , gamma spectrometry, HPGe detector.

## I. Giới thiệu

### 1. Đối tượng nghiên cứu

$^{137}\text{Cs}$  là một sản phẩm phân hạch từ các hoạt động hạt nhân của con người: các thử nghiệm hạt nhân, bom nguyên tử, hoạt động của các nhà máy điện nguyên tử và các sự cố, tai nạn hạt nhân. Hiện tại  $^{137}\text{Cs}$  đang được dùng trong điều trị ung thư như là một nguồn kín. Nó cũng được sử dụng làm chất đánh dấu bức xạ để xác định sự ăn mòn, đóng cặn; làm đồng hồ nguyên tử và chiếu xạ thực phẩm...

$^{137}\text{Cs}$  là nguyên tố phóng xạ beta và gamma có chu kỳ bán rã là 30,17 năm.



### 2. Phương pháp phổ kế gamma

Phổ kế gamma là phương pháp xác định, định lượng các nguyên tố phóng xạ bằng cách phân tích phổ năng lượng gamma của chúng phát ra.

Mẫu chuẩn và mẫu đo được ghi nhận trong cùng một điều kiện, cấu hình đo. Mẫu chuẩn và mẫu đo cần có sự tương quan về thành phần, tính chất.

Mỗi nguyên tố phóng xạ sẽ phát ra một hoặc nhiều bức xạ gamma có năng lượng xác định. Dựa vào tốc độ đếm ghi nhận được tại các vị trí đỉnh năng lượng (mẫu chuẩn) ta có thể xác định được hiệu suất ghi của detector tại vị trí năng lượng đó. Xác định các đỉnh năng lượng của mẫu cần đo cho ta biết thành phần của mẫu, từ số đếm tại đỉnh năng lượng đó và hiệu suất ghi sẽ cho hoạt độ hay hàm lượng của nguyên tố trong mẫu.

Hiệu suất ghi:

$$\epsilon_{\text{ref}} = \frac{S_{\text{ref}}}{A_{\text{ref}} \cdot t \cdot I_{\gamma}}$$

$S_{\text{ref}}$ : diện tích đỉnh 661.62keV của  $^{137}\text{Cs}$  trong mẫu chuẩn đã trừ nhiễu

$t$ : thời gian đo

$A_{\text{ref}}$ : hoạt độ của  $^{137}\text{Cs}$  trong mẫu chuẩn tại thời điểm đo

$I_{\gamma}$ : hệ số phân nhánh của đỉnh 661.62 keV là 85.12%

Từ đó tính được hoạt độ  $^{137}\text{Cs}$  trong mẫu:

$$A = \frac{S}{\epsilon_{\text{ref}} \cdot t \cdot I_{\gamma}} \text{ (Bq)}$$

Với  $S$  : diện tích đỉnh 661.62keV của  $^{137}\text{Cs}$  trong mẫu đo đã trừ phông

$\epsilon_{\text{ref}}$ : hiệu suất ghi tại năng lượng 661.62keV tính được từ mẫu chuẩn

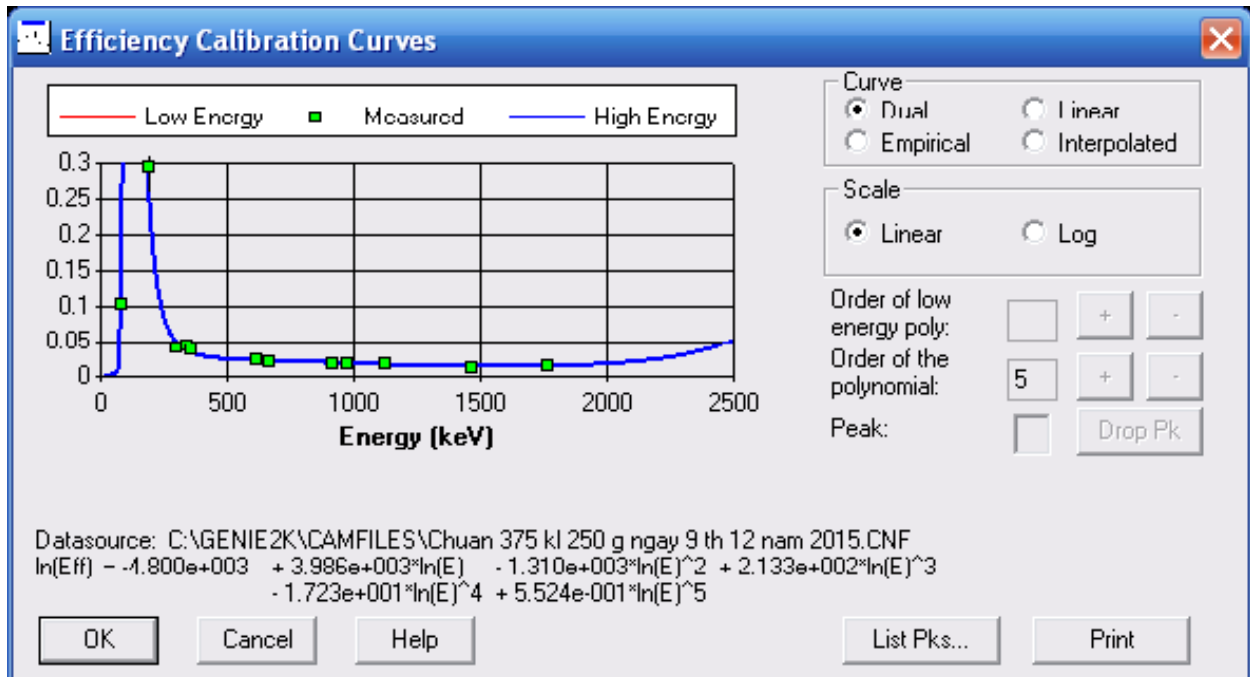
*Trong trường hợp đang nói đến, mẫu chuẩn đã biết hoạt độ của  $^{137}\text{Cs}$  từ đó ta có thể tính được hiệu suất ghi của detector với đỉnh 661,62 keV của  $^{137}\text{Cs}$  từ đó tính cho mẫu cần đo. Trong trường hợp mẫu chuẩn không có thành phần của nguyên tố cần đo, ta phải xây dựng đường chuẩn hiệu suất ghi từ các nguyên tố khác, từ đó có thể suy ra hiệu suất tại đỉnh cần tính toán.*

$$\text{Ln}\epsilon = \sum_{i=0}^5 a_i (\text{Ln}E)^i$$

Với  $E$  là năng lượng (50÷3000keV)

$\epsilon$  là hiệu suất ghi tại năng lượng  $E$

$a_i$  là các hệ số làm khớp



Đường cong hiệu suất ghi sử dụng phần mềm GENIE2K

### 3. Một số thông số

#### 3.1 Thời gian chết

Thời gian chết (dead time) trong các hệ điện tử xử lý xung cũng như sự chòng chất xung dẫn tới sự mất số đếm từ đỉnh năng lượng toàn phần. Các hiệu ứng này đặc biệt quan trọng trong trường hợp tốc độ đếm lớn.

Thời gian chết chính là thời gian máy bận xử lý xung và không thể tiếp nhận thêm một xung khác. Hầu hết các máy phân tích biên độ nhiều kênh hiện đại đều có đồng hồ đo thời gian thực  $T_0$  (real time) và thời gian làm việc  $T_1$  (live time):  $T_0 = T_1 + \sum \tau_i$ , trong đó  $\tau_i$  là thời gian chết của từng xung được ghi nhận. Bằng việc sử dụng thời gian làm việc trong các phép đo ta sẽ loại bỏ được hiệu ứng thời gian chết.

#### 3.2 Độ phân giải năng lượng

Độ phân giải năng lượng (FWHM) là một thông số vật lý đặc trưng cho khả năng tách và phân biệt các bức xạ gamma ở gần nhau. Trong trường hợp lí tưởng các tia gamma có năng lượng giống nhau, khi bị hấp thụ toàn bộ năng lượng trong detector và do đó biên độ của xung sau khi qua bộ phận điện tử như hệ tiền khuếch đại, khuếch đại đi vào hệ phân tích biên độ có độ lớn như nhau. Các xung do chúng tạo thành sẽ rơi vào cùng số kênh trên phổ gamma. Nhưng thực tế các đỉnh phổ trải rộng trên một số kênh, với xác suất rơi vào kênh trung tâm là lớn nhất. Như vậy mỗi một đỉnh hấp thụ quang điện có bề rộng xác định. Kênh trung tâm, chính là kênh ứng với vị trí cực đại của phổ. Vị trí cực đại của đỉnh thuộc vào năng lượng của tia gamma. Nếu độ rộng  $\Delta E$  càng nhỏ, tức là đỉnh càng hẹp thì càng có thể phát hiện những đỉnh nằm cạnh nhau. Nhưng nếu độ rộng  $\Delta E$  càng lớn, các đỉnh lân cận nhau không thể tách rời thì chúng được xem như một đỉnh. Như vậy chính độ rộng đỉnh quy định khả năng phân giải của thiết bị đo phổ.

#### 3.3 Giới hạn phát hiện

$$LLD = \frac{4.66\sigma_{BG}}{\epsilon \cdot t} = 0.012639(\text{Bq})$$

(Đối với hệ phổ kế gamma HPGe tại Trung tâm Phân tích – Viện Công nghệ Xạ hiếm)

Với LLD : giới hạn phát hiện

$\sigma_{BG}$  : độ lệch chuẩn của phông trong vùng đỉnh năng lượng của  $^{137}\text{Cs}$

$\epsilon$  : hiệu suất ghi tại năng lượng 661.62 keV

t : thời gian đo

#### 3.4 Giới hạn định lượng

$$MDA = \frac{4.66\sigma}{\epsilon \cdot t \cdot m} \left( \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \right)$$

Với MDA: giới hạn định lượng

$\sigma$  : độ lệch chuẩn tại đỉnh 661.62 keV

$\epsilon$  : hiệu suất ghi tại năng lượng 661.62 keV

t : thời gian đo

m : khối lượng mẫu

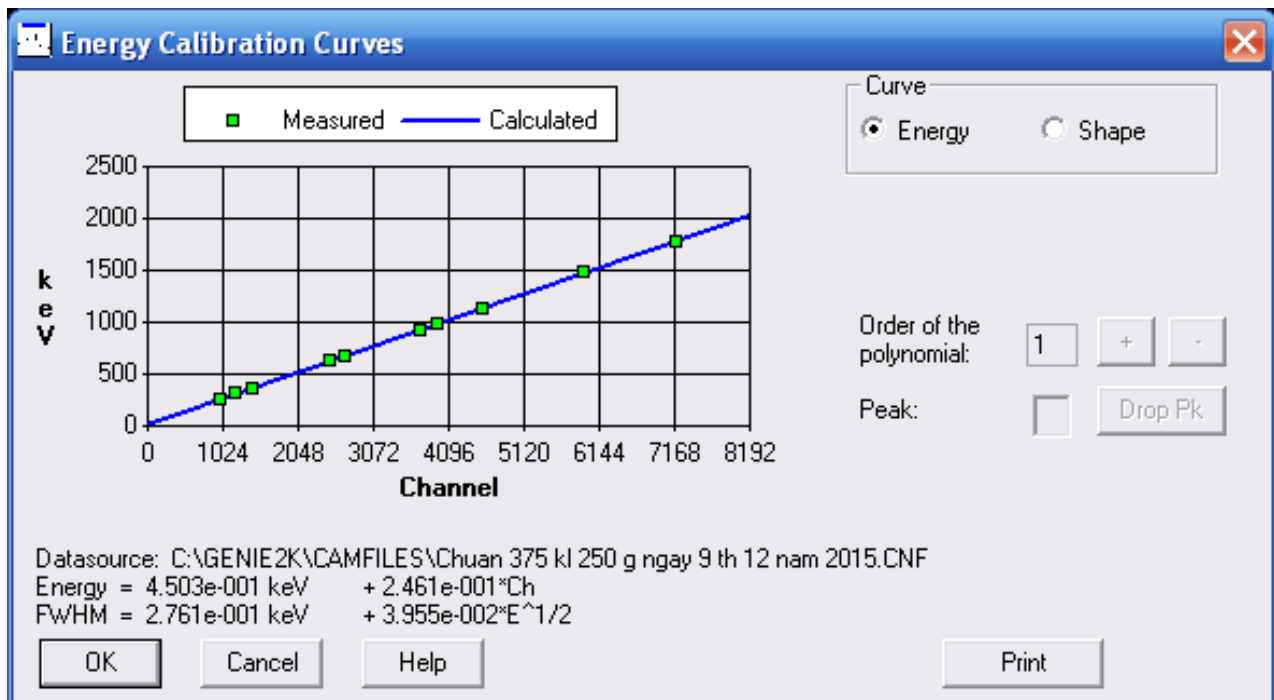
## II. Thực nghiệm

### 1. Dụng cụ, xử lý mẫu

Mẫu đo được sấy khô và nghiền mịn sau đó được cho vào hộp nhựa bán kính 5cm, chiều cao 2cm. Sau khi cân lại khối lượng, mẫu được đo trong detector Ge siêu tinh khiết. Thời gian đo dựa trên hàm lượng  $^{137}\text{Cs}$  trong mẫu.

### 2. Chuẩn năng lượng

Vì phương pháp phổ kế gamma được dùng để xác định thành phần của nguồn chưa xác định, ta cần hiệu chuẩn năng lượng. Quá trình hiệu chuẩn được thực hiện bằng cách sử dụng các đỉnh năng lượng của nguồn đã biết. Bởi vì số kênh tỉ lệ thuận với năng lượng, số kênh có thể đổi thành năng lượng.



### 3. Hiệu suất ghi và đường cong hiệu suất ghi

Mẫu chuẩn sử dụng là IAEA-375 có hoạt độ riêng  $^{137}\text{Cs}$  tại thời điểm 31/12/1991 là 5280 Bq/kg, khối lượng 250g.

Hoạt độ của  $^{137}\text{Cs}$  tính từ 31/12/1991 đến thời điểm ngày 09/12/2015:

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T}t} = 761.567 \text{ (Bq)}$$



<b>Left Marker:</b> 2674 : 658.4 keV	<b>FWHM, FWTM:</b> 1.292, 2.379 keV
<b>Right Marker:</b> 2698 : 664.3 keV	<b>Gaussian Ratio:</b> 1.010
<b>Centroid:</b> 2687 : 661.6 keV	<b>ROI Type:</b> 1
<b>Area:</b> 1074297 ± 0.10%	<b>Integral:</b> 1079534

$$\epsilon_{\text{ref}} = \frac{S_{\text{ref}}}{A_{\text{ref}} \cdot t \cdot I_{\gamma}} = 0.019$$

Áp dụng tính hoạt độ  $^{137}\text{Cs}$ :

Tên	Hoạt độ riêng (Bq/kg)			Kết quả (Bq/kg)	Kết quả của IAEA (Bq/kg)
	Lần 1	Lần 2	Lần 3		
IAEA bottle 108 sample 5	112.4	116.1	115.7	$114.7 \pm 2.9$	$118.6 \pm 2.9$
IAEA bottle 164 sample 5	741.7	759.1	727.2	$742.7 \pm 22.6$	$715 \pm 30$
IAEA bottle 171 sample 5	11.9	12.1	11.9	$12 \pm 0.2$	$12 \pm 0.4$

### III. Kết luận

Bài báo cáo đã giới thiệu sơ lược về phương pháp phổ kế gamma, một số thông số ảnh hưởng đến phép đo, cách xác định hoạt độ  $^{137}\text{Cs}$  trong một số mẫu đất.

Phương pháp xác định hàm lượng  $^{137}\text{Cs}$  bằng phương pháp phổ kế gamma sử dụng detector Ge siêu tinh khiết cho kết quả tốt, trong giới hạn chấp nhận của bài kiểm tra chất lượng của IAEA.

### **Tài liệu tham khảo:**

1. Kỹ thuật ghi nhận và phân tích phổ gamma – Phạm Đức Khuê
2. Basic hands-on gamma calibration for low activity environmental level – Iolanda Osvath.
3. Study of efficiency calibrations of HPGe detectors for radioactivity measurements of environmental samples – S. Harb, K. Salahel Din, A. Abbady.
4. Instrumental analysis by gamma spectrometry of low level Caesium-137 in marine samples – R.C.L. Figueira, L.R.N. Silva, A.M.G. Figueiredo, I.I.L. Cunha.
5. Spectrum analysis – CANBERRA.
6. IAEA-TEL-2012-03 World-Wide Open Proficiency Test No. 108.
7. IAEA-TEL-2015-03 World-Wide Open Proficiency Test No. 164.
8. IAEA-TEL-2014-03 World-Wide Open Proficiency Test No. 171.