

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN TP HỒ CHÍ MINH  
KHOA VẬT LÝ - VẬT LÝ KỸ THUẬT  
BỘ MÔN VẬT LÝ HẠT NHÂN

Trường Đại Học Khoa Khoa Tự Nhiên  
BỘ MÔN VẬT LÝ HẠT NHÂN - KỸ THUẬT HẠT NHÂN  
ĐT: 08-3832 4468  
Địa chỉ: 227 Nguyễn Văn Cừ, P.4, Q.5, TP.HCM

GIÁO TRÌNH

# THỰC TẬP VẬT LÝ HẠT NHÂN CHUYÊN ĐỀ II

TP. HỒ CHÍ MINH 2014

## PHÂN TÍCH KÍCH HOẠT NEUTRON

(Phân định lượng)

CBPT: Huỳnh Trúc Phương

Lưu Đặng Hoàng Oanh

### 1.1. Mục đích

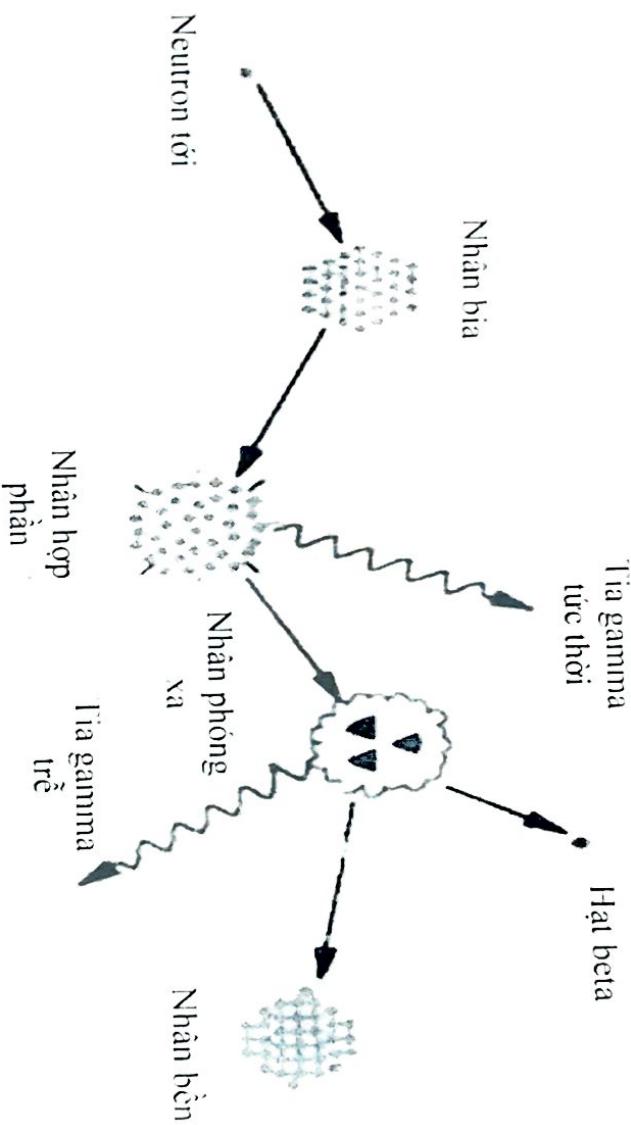
Cung cấp một số khái niệm cơ bản về kỹ thuật phân tích kích hoạt neutron, khả năng ứng dụng của nó, các quy trình chung về một hệ phân tích kích hoạt.

Phân tích hàm lượng nguyên tố trong mẫu (định lượng) bằng phương pháp kích hoạt neutron.

### 1.2. Nguyên tắc

#### 1.2.1. Nguyên lý cơ bản

Xét sơ đồ phản ứng sau:

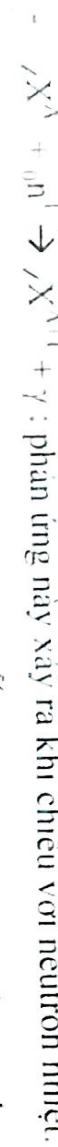


Hình 1.1. Sơ đồ biểu diễn quá trình phản ứng bắt neutron

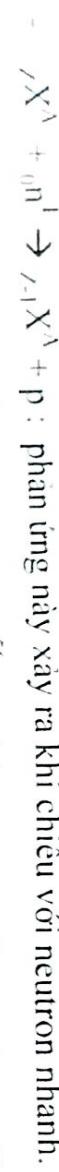
Một neutron tardi tương tác với hạt nhân bia tạo thành nhân hợp phàn. Nhân hợp phàn tồn tại ở trạng thái kích thích, sau một thời gian ngắn sẽ trở về trạng thái cơ bản bằng cách phát ra tia gamma tức thời và trở thành nhân phóng xạ. Nhân phóng xạ này phát ra hạt beta kèm theo tia gamma trễ với chu kỳ bán hủy và năng lượng tia gamma đặc trưng. Sau vài chu kỳ phân rã thì nhân phóng xạ trở thành hạt nhân bền (khác với nhân bền lúc đầu).

### 1.2.2. Nguyên lý cơ bản trong phân tích kích hoạt neutron

Gia sư trong mẫu có nguyên tố X được chiếu xạ với chùm neutron, tùy theo năng lượng neutron tối, phản ứng có thể xảy ra như sau:



Vd:  ${}^{55}\text{Mn}(n,\gamma){}^{56}\text{Mn}$  trong đó dòng vị phóng xạ  ${}^{56}\text{Mn}$  phát gamma với năng lượng  $E_{\gamma}$  lần lượt là 846,8 keV và 1810,7 keV.



Vd:  ${}^{56}\text{Fe}(n,p){}^{56}\text{Mn}$  trong đó dòng vị phóng xạ  ${}^{56}\text{Mn}$  phát gamma với năng lượng  $E_{\gamma}$  lần lượt là 846,8 keV và 1810,7 keV.

Do cường độ phát gamma của dòng vị phóng xạ tỉ lệ thuận với hàm lượng nguyên tố trong mẫu nên dựa vào tính chất này ta sẽ định lượng được thành phần nguyên tố trong mẫu (phản ứng định lượng).

Gia sư dòng vị quan tâm trong mẫu được chiếu với thời gian  $t_i$ , sau thời gian chờ  $r_{ij}$  và được đo với thời gian  $t_m$  thì hoạt độ riêng ứng với cường độ tia gamma quan tâm do được là:

$$A_{ij} = \frac{w.\theta.\sigma.\phi.I_{\gamma}.E.\cdot V}{M} \left( 1 - e^{-\lambda t_i} \right) e^{-\lambda r_{ij}} \left( 1 - e^{-\lambda t_m} \right) \quad (1.1)$$

trong đó  $w$  (g) là khối lượng nguyên tố quan tâm;  $\theta$  là độ phổ cập dòng vị;  $\sigma$  ( $\text{cm}^2$ ) là tiết diện phản ứng;  $\phi$  ( $\text{n/cm}^2/\text{s}$ ) là thông lượng neutron;  $\epsilon$  là hiệu suất ghi của detector;  $I_{\gamma}$  là cường độ tuyet đối tia gamma (xác suất phát gamma);  $N_A$  là hằng số Avogadro;  $M$  là số khối của dòng vị quan tâm.

Tuy nhiên, giá trị các thông số như: thông lượng neutron, hiệu suất ghi..., thay đổi theo thời gian nên việc xác định hàm lượng trực tiếp từ phương trình trên thường không chính xác. Thông thường, ta sử dụng các mẫu so sánh trong đó hàm lượng nguyên tố quan tâm đã biết trước và xây dựng phương trình tuyến tính biểu diễn mối liên hệ giữa hàm lượng nguyên tố và cường độ đính gamma quan tâm.

trong đó  $S$  là diện tích định năng lượng của dòng vị (nguyên tố) quan tâm.

$$(1.2)$$

### 1.3. Thực hành

#### 1.3.1. Dụng cụ

- Nguồn neutron Am-Be, cường độ  $7\text{Ci}$ , thông lượng neutron nhiệt  $\sim 10^6 \text{n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$
- Hệ thống chuyển mẫu MTA-1527
- Detector bán dẫn HPGe
- Phần mềm phân tích và xử lý phổ Gennie 2K

- Các loại mẫu so sánh, thành phần bao gồm  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  và chất nền graphit
- Mẫu X gồm các thành phần tương tự như mẫu so sánh nhưng chưa biết rõ hàm lượng của từng nguyên tố.

#### 1.3.2. Các bước thực hành

- a) Mẫu so sánh được chứa trong ống nhựa hình trụ đường kính 10mm, chiều cao 50mm. Mẫu được pha trộn đều với bột graphit để có tổng khối lượng là 5g. Hoàn thành số liệu mẫu trong bảng:

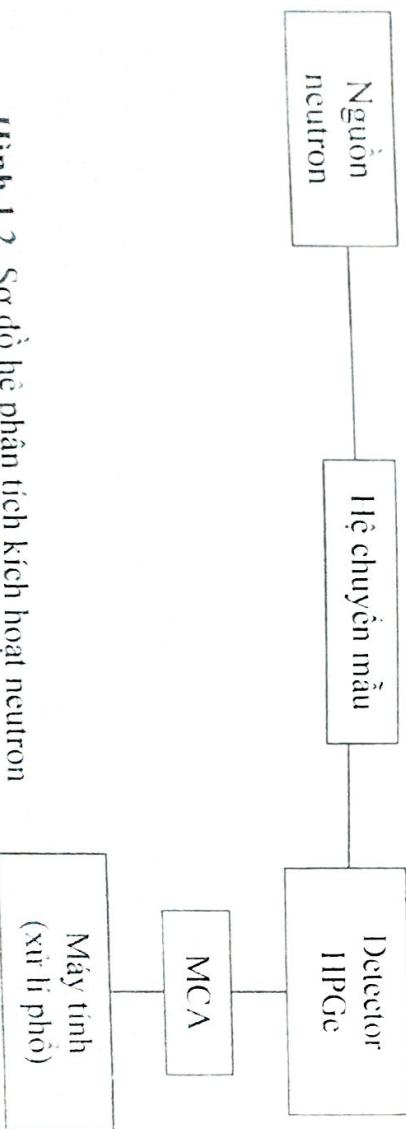
Bảng 1.1. Đổi với bột  $\text{MnO}_2$

| Tên mẫu | Khối lượng hợp chất (g) | Khối lượng nguyên tố quan tâm w (g) |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |

Bảng 1.2. Đổi với bột  $\text{V}_2\text{O}_5$

| Tên mẫu | Khối lượng hợp chất (g) | Khối lượng nguyên tố quan tâm w (g) |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |

- Mẫu được chuyển đến vị trí kênh neutron nhiệt, chiếu mẫu trong 45 phút. Sau đó di chuyển nhanh mẫu đến hệ đo và đo trong 30 phút.



Hình 1.2. Sơ đồ hệ phân tích kích hoạt neutron

- Ghi lại diện tích định năng lượng của đồng vị quan tâm. Hoàn thành các thông tin trong bảng sau:

**Bảng 1.3.** Kết quả thực nghiệm đối với mẫu so sánh

| Phản ứng<br>quan tâm                            | Đồng vị<br>quan tâm | Năng lượng<br>phát gamma (keV) | Tên<br>mẫu | Diện tích<br>định | Sai số (%) |
|---|---------------------|--------------------------------|------------|-------------------|------------|
| $^{55}\text{Mn}(\text{n},\gamma)^{56}\text{Mn}$ | $^{56}\text{Mn}$    | 846,8                          |            |                   |            |
| $^{51}\text{V}(\text{n},\gamma)^{52}\text{V}$   | $^{52}\text{V}$     | 1434,1                         |            |                   |            |

b) Với diện tích định phát gamma của từng đồng vị vừa tìm, hãy biểu diễn phương trình đường chuẩn hàm lượng theo diện tích định :  $w = a + bS$ , trong đó  $a$  và  $b$  xác định bằng cách làm khớp bình phương tối thiểu tuyến tính.

c) Tương tự, chiếu mẫu X tại kênh neutron nhiệt trong 45 phút. Sau đó di chuyển nhanh đến hệ do và đo trong 30 phút. Ghi lại diện tích định và dùng phương trình đường chuẩn trên (xác định ở phần b) để tìm hàm lượng của đồng vị quan tâm có trong mẫu.

#### 1.4. Báo cáo kết quả

**Bảng 1.4.** Kết quả thực nghiệm đối với mẫu so sánh và mẫu phân tích

| Đồng vị<br>quan tâm | Tên mẫu | Năng lượng phát<br>gamma (keV) | Diện tích định | Sai số (%) |
|---------------------|---------|--------------------------------|----------------|------------|
| $^{56}\text{Mn}$    | X       | 846,8                          |                |            |
| $^{52}\text{V}$     | X       | 1434,1                         |                |            |

- Ghi lại diện tích định năng lượng của đồng vị quan tâm. Hoàn thành các thông tin trong bảng sau:

Bảng 1.3. Kết quả thực nghiệm đối với mẫu so sánh

| Phản ứng<br>quan tâm                            | Đồng vị<br>quan tâm | Năng lượng<br>phát gamma (keV) | Tên<br>mẫu | Diện tích<br>định | Sai số (%) |
|---|---------------------|--------------------------------|------------|-------------------|------------|
| $^{55}\text{Mn}(\text{n},\gamma)^{56}\text{Mn}$ | $^{56}\text{Mn}$    | 846,8                          |            |                   |            |
| $^{51}\text{V}(\text{n},\gamma)^{52}\text{V}$   | $^{52}\text{V}$     | 1434,1                         |            |                   |            |

- b) Với diện tích định phát gamma của từng đồng vị vừa tìm, hãy biểu diễn phương trình đường chuẩn hàm lượng theo diện tích định :  $w = a + bS$ , trong đó a và b xác định bằng cách làm khớp bình phương tối thiểu tuyến tính.
- c) Tương tự, chiếu mẫu X tại kênh neutron nhiệt trong 45 phút. Sau đó di chuyển nhanh đến hệ đo và đo trong 30 phút. Ghi lại diện tích định và dùng phương trình đường chuẩn trên (xác định ở phần b) để tìm hàm lượng của đồng vị quan tâm có trong mẫu.

#### 1.4. Báo cáo kết quả

Bảng 1.4. Kết quả thực nghiệm đối với mẫu so sánh và mẫu phân tích

| Đồng vị<br>quan tâm | Tên mẫu | Năng lượng phát<br>gamma (keV) | Diện tích định | Sai số (%) |
|---------------------|---------|--------------------------------|----------------|------------|
| $^{56}\text{Mn}$    |         | 846,8                          |                |            |
|                     | X       |                                |                |            |
| $^{52}\text{V}$     |         | 1434,1                         |                |            |
|                     | X       |                                |                |            |

## Kết luận

- + Phương trình đường chuẩn hàm lượng theo diện tích định của đồng vị quan tâm  
 $w_i = (a_i \pm \sigma_{ai}) + (b_i \pm \sigma_{bi})S_i$  (*i* là đồng vị quan tâm)
- + Hàm lượng nguyên tố i trong mẫu X:  $w_i = \dots \pm \dots$

## Tài liệu tham khảo

- [1] Huỳnh Trúc Phương, Trần Phong Dũng, Châu Văn Tạo (2009), Giáo trình *Các phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử*, Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. Hồ Chí Minh.
- [2] D.De Soete, R.Gijbels, J.Hoste (1972). *Neutron activation analysis*. New York.
- [3] IAEA (1990), A technical document *Practical aspects of operating a neutron activation analysis laboratory*, Vienna.
- [4] <http://www.laraweb.free.fr>.

## ỨNG DỤNG PHẦN MỀM GENIE – 2K DÙNG TRONG PHÂN TÍCH PHỐ GAMMA

CBPT: Trần Thiện Thành

Trần Nguyên Thùy Ngân

### 2.1. Mục đích

Bài thực tập này giúp cho sinh viên có được một số kỹ năng xử lý phổ như chuẩn nồng lượng, trừ phông, xuất file số liệu, tính toán hiệu suất định nồng lượng toàn phần và hoạt độ của mẫu chuẩn.

### 2.2. Nguyên tắc

Bản chất của bức xạ gamma là sóng điện từ có bước sóng nhỏ hơn  $10^{-8}$  cm, được tạo ra khi hạt nhân nguyên tử ở trạng thái kích thích có mức nồng lượng cao chuyển về trạng thái có mức nồng lượng thấp hơn và dần chuyển về trạng thái cơ bản phát ra lượng tử có mức nồng lượng đúng bằng hiệu hai mức nồng lượng mà nó chuyển đổi và có dạng phô vạch thì nó được gọi là bức xạ gamma.

Để xác định hiệu suất ghi ở định ta có thể dùng các nguồn chuẩn (tốt nhất là đơn nồng) có nồng lượng và hoạt độ biết trước chính xác.

Hiệu suất tuyệt đối của detector được tính từ công thức:

$$\epsilon(E) = \frac{S}{t \cdot y \cdot A_0 \cdot K_w} = \frac{S}{y \cdot A} \quad (2.1)$$

Ở đây:

t: thời gian đo (s)

y: xác suất phát

## BÀI THỰC TẬP 2

**ỨNG DỤNG PHẦN MỀM GENIE – 2K DÙNG TRONG  
PHÂN TÍCH PHỐ GAMMA**

CBPT: Trần Thiện Thanh

Trần Nguyễn Thùy Ngân

### 2.1. Mục đích

Bài thực tập này giúp cho sinh viên có được một số kỹ năng xử lý phổ như chuẩn nồng lượng, trừ phông, xuất file số liệu, tính toán hiệu suất định nồng lượng toàn phần và hoạt độ của mẫu chuẩn.

### 2.2. Nguyên tắc

Bản chất của bức xạ gamma là sóng điện từ có bước sóng nhỏ hơn  $10^{-8}$  cm, được tạo ra khi hạt nhân nguyên tử ở trạng thái kích thích có mức nồng lượng cao chuyển về trạng thái có mức nồng lượng thấp hơn và dần chuyển về trạng thái cơ bản phát ra lượng tử có mức nồng lượng đúng bằng hiệu hai mức nồng lượng mà nó chuyển đổi và có dạng phô vạch thì nó được gọi là bức xạ gamma.

Để xác định hiệu suất ghi ở định ta có thể dùng các nguồn chuẩn (tốt nhất là đơn nồng) có nồng lượng và hoạt độ biết trước chính xác.

Hiệu suất tuyệt đối của detector được tính từ công thức:

$$\varepsilon(E) = \frac{S}{t \cdot y \cdot A_0 \cdot K_w} = \frac{S}{y \cdot A} \quad (2.1)$$

Ở đây:

$t$ : thời gian đo (s)

$y$ : xác suất phát

$A_0$ : hoạt độ nguồn lúc sản xuất (tính bằng Bq)

$K_w = \exp\left(-\frac{\ln(2)t_w}{T_{1/2}}\right)$ : hệ số hiệu chỉnh sự phân rã nguồn từ lúc xuất xưởng đến lúc

đo

$t_w$  là thời gian từ lúc xuất xưởng đến lúc đo

$A = A_0 \cdot K_w \cdot t$

$T_{1/2}$ : chu kỳ bán rã

Giả sử  $t, T_{1/2}, t_w$  không có sai số, công thức tính sai số của hiệu suất tuyệt đối thực nghiệm khi đó là căn bậc hai của

$$\sigma_{\text{eff}}^2 = \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial S}\right)^2 \sigma_S^2 + \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial A}\right)^2 \sigma_A^2 \quad (2.2)$$

Từ (2.1) ta có:

$$\sigma_{\text{eff}}^2 = \left(\frac{1}{yA}\right)^2 \sigma_S^2 + \left(\frac{S}{y} \cdot \frac{1}{A}\right)^2 \sigma_A^2 \quad (2.3)$$

Với  $\sigma_S^2 = S$  (để đơn giản giả sử số đếm tuân theo thống kê Poisson- trên thực tế số đếm lớn nên dùng thống kê Gauss).

$\sigma_A = R.A_0$  với  $R$  là sai số tương đối của nguồn.

### 2.3. Thực hành:

a. Dụng cụ:

- Detector bán dẫn HPGe, NaI(Tl)
- Nguồn  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ , và nguồn X chưa biết
- Phần mềm Genie – 2K

b. Thí nghiệm:

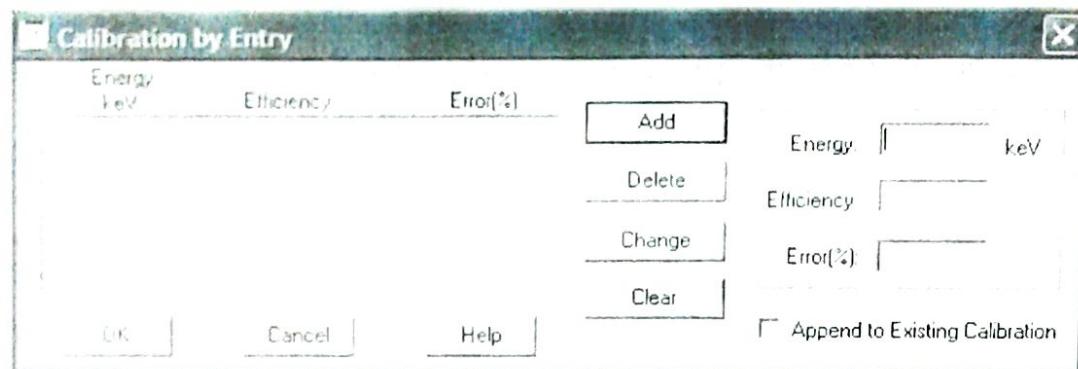
- Tiến hành đo phông
- Tiến hành đo phổ nguồn  $^{152}\text{Eu}$  và nguồn X chưa biết
- Sử dụng phần mềm Genie – 2K đọc phổ phông và phổ có nguồn với các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Chạy chương trình bằng cách nhấp đúp chuột vào biểu tượng **Gamma Acquisition & Analysis** trên Desktop hoặc *Program → Genie – 2000*.

Bước 2: Mở phổ do nguồn vào *File → Open Datasource* (mặc định file phổ trong chương trình Genie – 2K có phần mở rộng là \*CNF).

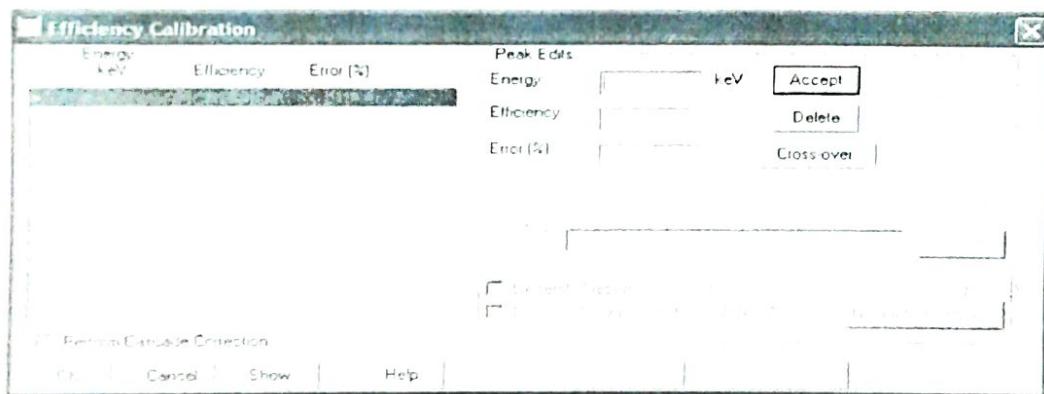
Bước 3: Trừ phông (trong chương trình Genie – 2K có chức năng trừ phông tự động) bằng cách vào *Options → Strip* sau đó chọn file phông tương ứng rồi nhấp Open.

Bước 4: Xuất file số liệu điện tích định bằng cách vào *Analyze → Execute Sequence → Peak Analysis w/ Report*



Hình 2.1. Cửa sổ chuẩn năng lượng

Nhập năng lượng và hiệu suất tương ứng cùng với sai số tương đối (%) rồi nhấp Add và tiếp tục cho tới năng lượng cuối cùng. Sau đó nhấp OK khi đó một cửa sổ mới xuất hiện



Hình 2.2. Cửa sổ chuẩn hiệu suất

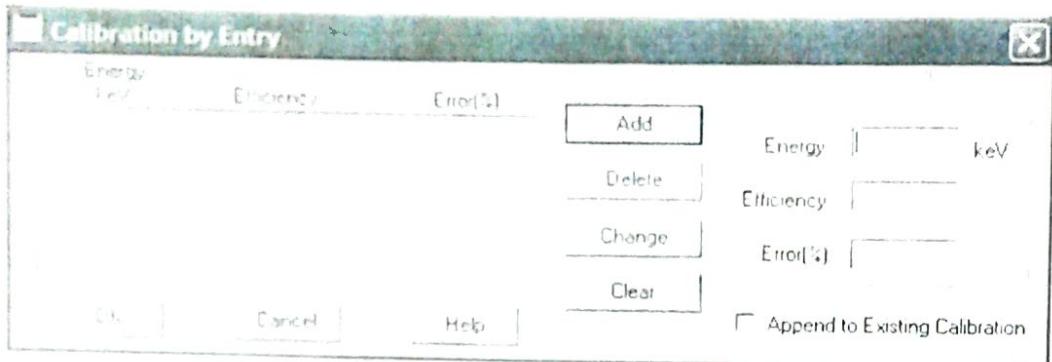
Nếu không có thay đổi gì thì nhấp vào Show để xem dạng đường cong hiệu suất và lấy ra giá trị  $a_i$  được làm khớp sau đó nhấp OK dùng chức năng Print Screen để chụp hình và dán vào file word để báo cáo.

#### 2.4. Báo cáo kết quả:

1. Bảng số liệu tương ứng của năng lượng theo kênh của nguồn  $\text{Ra}^{226}$
2. Xác định đường chuẩn năng lượng bằng nguồn  $\text{Ra}^{226}$  với hàm làm khớp có dạng:

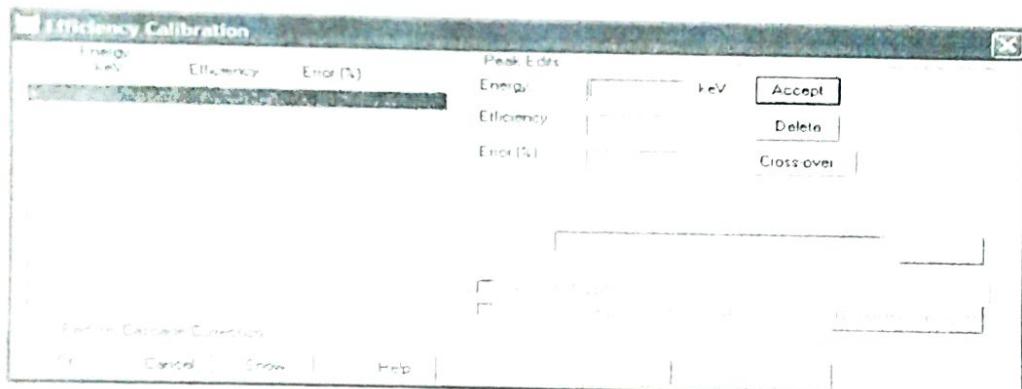
Bước 5: ghi lại năng lượng và số đếm tại định tương ứng sau đó sử dụng công thức (2.1) tính giá trị hiệu suất định của nguồn Eu<sup>152</sup> được cung cấp.

Bước 6: Lập đường cong hiệu suất theo năng lượng bằng chương trình Genie - 2K bằng cách *Calibrate* → *Efficiency* → *By Entry*, sau đó chương trình sẽ xuất hiện một cửa sổ sau:



Hình 2.1. Cửa sổ chuẩn năng lượng

Nhập năng lượng và hiệu suất tương ứng cùng với sai số tương đối (%) rồi nhập Add và tiếp tục cho tới năng lượng cuối cùng. Sau đó nhấp OK khi đó một cửa sổ mới xuất hiện



Hình 2.2. Cửa sổ chuẩn hiệu suất

Nếu không có thay đổi gì thì nhấp vào Show để xem dạng đường cong hiệu suất và lấy ra giá trị a, được làm khớp sau đó nhấp OK dùng chức năng Print Screen để chụp hình và dán vào file word để báo cáo.

#### 2.4. Báo cáo kết quả:

1. Bảng số liệu tương ứng của năng lượng theo kênh của nguồn Ra<sup>226</sup>
2. Xác định đường chuẩn năng lượng bằng nguồn Ra<sup>226</sup> với hàm làm khớp có dạng:

$$E = a + b * Ch \quad (2.4)$$

3. Bảng số liệu năng lượng theo kênh được làm khớp theo công thức (2.4) tương ứng.

4. Tính hiệu suất định và sai số của nguồn Eu<sup>152</sup>.

5. Làm khớp đường cong hiệu suất theo  $\ln \varepsilon = \sum_{i=0}^N a_i (\ln E)^i$

(2.5)

Với  $a_i$ ,  $E$ ,  $\varepsilon$  lần lượt là hệ số có được từ việc làm khớp, năng lượng định, hiệu suất định ở năng lượng  $E$  tương ứng.

6. Bảng các hệ số làm khớp  $a_i$  sau khi làm khớp

7. Vẽ giá trị thực nghiệm và giá trị làm khớp của hiệu suất theo năng lượng trên một đồ thị.

8. Xác định hoạt độ của nguồn X.

### Tài liệu tham khảo

[1] G.D. Chase, S. Rituper, J.W. Sulcoski, "Experiments in nuclear science", 2<sup>nd</sup>.

Alpha edition, 1964.

[2] J.L. Dugan, "Laboratory investigation in nuclear science", Oak Ridge TN USA, 1998.

[3] Châu Văn Tạo (2004), *An toàn bức xạ ion hóa*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM.

[4] Châu Văn Tạo (2006), *Liều lượng bức xạ ion hóa*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM.

## BÀI THỰC TẬP 3

**AN TOÀN BỨC XẠ ION HÓA ĐỐI VỚI BỨC XẠ GAMMA**  
**PHÂN BỐ LIỀU CỦA CÁC NGUỒN GAMMA**

CD2

CBPT: Trịnh Hoa Lăng

Trần Nguyễn Thùy Ngân

**3.1. Mục đích**

Mục đích của bài thực tập giúp sinh viên củng cố lại kiến thức về liều lượng và an toàn. Nó giúp sinh viên làm quen với các tính toán liều, thời gian tiếp xúc với nguồn phóng xạ.

**3.2. Nguyên tắc****3.2.1. Liều lượng**

Các mức độ an toàn của bức xạ ion hóa được xác định từ suất liều hấp thụ và suất liều chiếu:

**Suất liều hấp thụ:**

$$P_{ht} = \frac{\Delta D_{ht}}{\Delta t} \quad (3.1)$$

(W/kg, Rad/s, Gy/s),  $\Delta D_{ht}$  (J/kg, erg/g, 1 rad = 100 erg/g, 1 Gy = 100 rad) là liều hấp thụ trong khoảng thời gian  $\Delta t$ .

**Suất liều chiếu:**

$$P_{ch} = \frac{\Delta D_{ch}}{\Delta t} = \frac{K_{\gamma} C}{R^2} \quad (3.2)$$

(A/kg, R/s; R/h),  $\Delta D_{ch}$  (C/kg, 1 R = 1/3876 C/kg) là liều chiếu trong khoảng thời gian  $\Delta t$ ,  $K_{\gamma}(R.cm^2/[h.mCi])$  là hằng số ion hóa, R (cm) là khoảng cách từ nguồn đến điểm tính, C (mCi) độ phóng xạ.  $K_{\gamma-226Ra} = 8,25$  ( $R.cm^2/[h.mCi]$ ),  $K_{\gamma-60Co} = 12,92$  ( $R.cm^2/[h.mCi]$ ).

Mối quan hệ giữa liều hấp thụ và liều chiếu:  $P_{ht} = \alpha P_{ch}$  ( $\alpha$  là trọng số)

**Liều trung bình:**

$$D_t = \frac{1}{m_f - m_i} \int D_{ht} dm \quad (3.3)$$

Với  $m_f$  là khối lượng của vật hấp thụ.

Bảng 3.1. Mối quan hệ giữa liều hấp thụ và liều chiếu

| Năng lượng E <sub>y</sub> | Mô xương       | Mô mỡ          | Không khí                            |
|---------------------------|----------------|----------------|--------------------------------------|
| 10 KeV                    | 1 Rad = 5 R    | 1 Rad = 0,5 R  |                                      |
| 100 KeV                   | 1 Rad = 1,7 R  | 1 Rad = 0,88 R |                                      |
| 1 MeV                     | 1 Rad = 0,82 R | 1 Rad = 1,05 R | 1 Rad = 1,14 R cho<br>mọi năng lượng |

### Liều tương đương:

$$H_{T,r} = W_r * D_{T,r} \quad (1 \text{ rem} = 1 \text{ Rad} * W_r) \Rightarrow P_{T,r} = \frac{dH_{T,r}}{dt}. \quad (3.4)$$

W<sub>r</sub> trọng số phóng xạ của bức xạ r. Giá trị của W<sub>r</sub> đối với photon là 1 với mọi năng lượng của photon, D<sub>T,r</sub> là liều trung bình của bức xạ r.

Đối với nguồn có nhiều loại bức xạ:

$$H_T = \sum_i W_i * D_{T,i} \quad (\text{J/kg, rem, } 1\text{ Sv} = 100\text{ rem}). \quad (3.5)$$

### Liều hiệu dụng:

$$E = \sum_i W_i * H_i \quad (\text{J/kg, Sv}) \quad (3.6)$$

W<sub>i</sub> là trọng số mô (thể hiện mức độ gây tổn thương của cùng một liều chiếu lên các mô khác nhau).

Bảng 3.2. Giá trị trọng số mô W<sub>T</sub>

| Cơ quan              | W <sub>T</sub> | Cơ quan    | W <sub>T</sub> |
|----------------------|----------------|------------|----------------|
| Cơ quan sinh dục     | 0,20           | Tuy xương  | 0,12           |
| Ruột                 | 0,12           | Phổi       | 0,12           |
| Dạ dày               | 0,12           | Bàng quang | 0,05           |
| Vú                   | 0,05           | Giang      | 0,05           |
| Thực quản            | 0,05           | Tuyến giáp | 0,05           |
| Da                   | 0,01           | Mặt xương  | 0,01           |
| Các cơ quan khác     | 0,05           |            |                |
| Tổng cộng $\sum W_T$ | 1              |            |                |

Liều tích lũy: được tính trong thời gian 50 năm đối với người lớn và 70 năm đối với trẻ em.

### Giới hạn liều lượng tích lũy:

$$D \leq 2 * (N - 18) \text{ rem} \text{ hay } D \leq 20 * (N - 18) \text{ mSv}; N \text{ tuổi của nhân viên.} \quad (3.7)$$

### Mối liên hệ giữa suất liều chiếu và cường độ bức xạ

Suất liều chiếu tỷ lệ với cường độ gamma phát ra từ nguồn và truyền đến một điểm cách nguồn một khoảng cách R. Xét môi trường truyền gamma là không khí ta có sự phụ thuộc của suất liều chiếu vào cường độ gamma được tính như sau:

$$P_{ch} = I\gamma \left( \frac{\text{erg}}{\text{cm}^3 \cdot \text{s}} \right) = 1 \frac{\gamma}{0,114} \left( \frac{R}{\text{s}} \right) \quad (3.8)$$

I là năng lượng của cường độ gamma trên một đơn vị diện tích tại khoảng cách R,  $\gamma$  là hệ số truyền năng lượng gamma trong không khí. Đối với nguồn điểm ta có:

$$I = C \frac{3,7 \cdot 10^7 (\sum h\nu_i n_i \gamma_i) 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{4\pi R^2} \left( \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{h}} \right) \quad (3.9)$$

Thay (3.8) vào (3.9)

$$P = C \frac{3,7 \cdot 10^7 (\sum h\nu_i n_i \gamma_i) 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{4\pi R^2 \cdot 0,114} \left( \frac{R}{\text{h}} \right) \quad (3.10)$$

#### 3.2.2. An toàn:

- a. Các tiêu chuẩn an toàn: Tiêu chuẩn cũ 5 rem/năm, tiêu chuẩn mới 2 rem/năm.
- b. Điều kiện an toàn bức xạ ion hóa đối với nguồn gamma:

Có 4 biện pháp để giảm liều chiếu khi làm việc với nguồn phóng xạ.

- Giảm hoạt độ nguồn.
- Giảm thời gian làm việc.
- Tăng khoảng cách từ nguồn đến người.
- Tăng chiều dày vật che chắn bức xạ.

c. Liều lượng con người nhận do bức xạ tự nhiên: 2,4mSv/năm.

d. Đối với ngày làm việc 6 giờ, suất liều lượng được phép giới hạn:

$$P = 1,12 \text{ mrem/h} = 11,2 \mu\text{Sv/h}$$

e. Liều được phép giới hạn đối với nhân viên bức xạ: 20mSv/năm và đối với dân chúng 1mSv/năm.

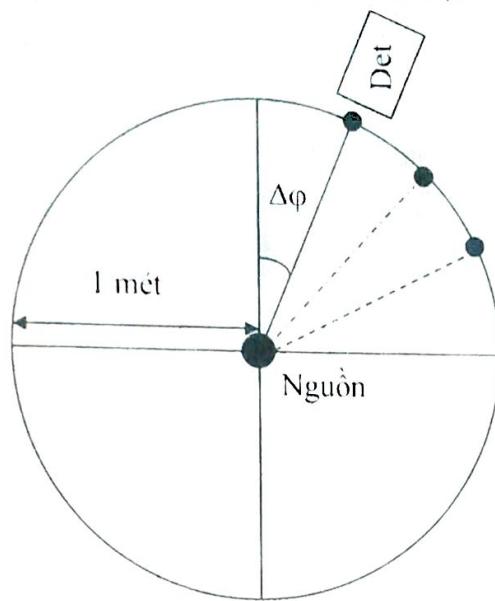
#### 3.3. Thực hành

- a. Dụng cụ:

- Máy đo liều
- Thước kéo

- b. Cách thức tiến hành đo phân bố liều theo góc:

Bố trí thí nghiệm như hình vẽ và tiến hành đo liều (cường độ gamma) tại các vị trí cách nguồn 1 mét. Khảo sát phân bố liều theo góc với  $\Delta\phi = 20^\circ$ .



**Hình 3.1.** Sơ đồ bố trí thí nghiệm

### 3.4. Báo cáo kết quả

3.4.1. Sinh viên đặt nguồn  $^{226}\text{Ra}$  vào trong buồng chì có lỗ chuẩn trực đầu nguồn hướng lên trên, thực hiện phép đo theo các vị trí trên đường tròn có tâm tại nguồn và bán kính 1 mét. Các vị trí cách nhau một góc  $\Delta\phi = 20^\circ$ . Số liệu đo được ghi trong bảng dưới. Sau đó thực hiện cho 3 điểm đo bất kỳ.

**Bảng 3.3.** Số liệu thực nghiệm cho nguồn  $^{226}\text{Ra}$  với đầu nguồn hướng thẳng lên trên

|                            |     |     |     |     |     |     |     |     |     |             |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| $\varphi$                  | 0   | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180         |
| $P[\mu\text{Sv}/\text{h}]$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |             |
| $R = 1 \text{ mét}$        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |             |
| $\varphi$                  | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | $\varphi^*$ |
| $P[\mu\text{Sv}/\text{h}]$ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |             |
| $R = 1 \text{ mét}$        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |             |

- Vẽ đồ thị suất liều theo góc.
- Dựa vào đồ thị dự đoán dạng hàm  $P(\varphi)$  và Dùng phương pháp bình phương tối thiểu làm khớp hàm  $P(\varphi)$ .

3.4.2. Sinh viên đặt nguồn  $^{226}\text{Ra}$  vào trong buồng chỉ có lỗ chuẩn trực đầu nguồn nằm ngang hướng về góc  $0^\circ$ , thực hiện phép đo theo các vị trí trên đường tròn có tâm tại nguồn và bán kính 1 mét. Các vị trí cách nhau một góc  $\Delta\phi = 20^\circ$ . Số liệu đo được ghi trong bảng dưới. Sau đó thực hiện cho 3 điểm đo bất kỳ.

Bảng 3.4. Số liệu thực nghiệm cho nguồn  $^{226}\text{Ra}$  với đầu nguồn hướng nằm ngang ở  $\phi = 0^\circ$

| $\phi$                        | 0   | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 | 140 | 160 | 180      |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| P [ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ] |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |
| R = 1 mét                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |
| $\phi$                        | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | $\phi^*$ |
| P [ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ] |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |
| R = 1 mét                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |          |

a. Vẽ đồ thị suất liều theo góc.

b. Dựa vào đồ thị dự đoán dạng hàm  $P(\phi)$  và Dùng phương pháp bình phương tối thiểu làm khớp hàm  $P(\phi)$ .

3.4.3. Theo tiêu chuẩn 2 rem/năm và 5 rem/năm. Tính các vị trí đứng làm việc an toàn cho nhân viên làm việc liên tục trong 20 giờ đối với hai thí nghiệm trên.

3.4.4. Nếu nhân viên làm việc đứng ở các vị trí có  $R = 40$  cm tại vị trí góc  $\phi = 0^\circ$  thì thời gian tối đa nhân viên làm việc thỏa điều kiện an toàn theo tiêu chuẩn 2 rem/năm là bao lâu trong hai trường hợp trên.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Châu Văn Tạo (2004), *An toàn bức xạ ion hóa*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM.
- [2] Châu Văn Tạo (2006), *Lиїu lượng bức xạ ion hóa*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp.HCM.

## KHẢO SÁT TÁN XẠ NGƯỢC

CBPT: Trần Thị Hiền Thanh

Phan Lê Hoàng Sang

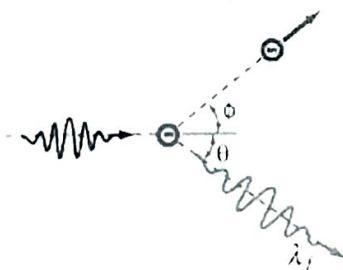
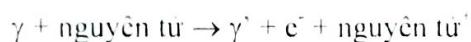
### 4.1. Mục đích

Bài thực tập này giúp sinh viên tìm hiểu một ứng dụng của tia gamma tán xạ trong việc khảo sát tính chất các vật liệu. Ứng dụng này thường được dùng trong kiểm tra chất lượng mặt đường, bê tông, v.v...

### 4.2. Nguyên tắc

Phép do tán xạ ngược chính là khảo sát sự thay đổi cường độ gamma của quá trình tán xạ Compton theo góc tán xạ, năng lượng gamma và tính chất của vật liệu bia tán xạ. Tóm tắt lý thuyết tán xạ Compton:

#### 4.2.1 Lý thuyết hiệu ứng Compton:



**Hình 4.1** Tán xạ Compton

Tiết diện tán xạ vi phân của hiệu ứng Compton trên một electron theo công thức lý thuyết của Klein – Nishina:

$$\frac{d\sigma(0)}{d\Omega} = \frac{r_0^2}{2} \left[ \frac{1 + \cos^2 0}{1 + \gamma(1 - \cos 0)^2} \right] \left\{ 1 + \frac{\gamma^2(1 - \cos 0)^2}{(1 + \cos^2 0)[1 + \gamma(1 - \cos 0)]} \right\} \quad (4.1)$$

Tiết diện tán xạ Compton toàn phần trên nguyên tử có số nguyên tử khói Z

$$\sigma_{\text{t.t.}}^{\text{KN}} \approx 2\pi r_0^2 \left\{ \frac{1 + \gamma}{\gamma^2} \left[ \frac{2(1 + \gamma)}{1 + 2\gamma} - \frac{1}{\gamma} \ln(1 + 2\gamma) \right] + \frac{1}{2\gamma} \ln(1 + 2\gamma) - \frac{1 + 3\gamma}{(1 + 2\gamma)^2} \right\} Z \quad (4.2)$$

$$\gamma = \frac{E_\gamma}{m_e c^2}, r_0 = \frac{e^2}{4\pi m_e c^2} = 2,82 \times 10^{-13} \text{ cm} \text{ bán kính electron cõi điện.}$$

Hoặc xấp xỉ theo công thức:

$$\sigma_{\text{co}} \approx \frac{\ln E}{E\gamma} Z \quad (4.3)$$

Tiết diện hấp thụ Compton của  $\gamma$  trong nguyên tử khi  $\gamma \gg 1$ :

$$\sigma_{\text{co}} \approx Z/E_\gamma \quad (4.4)$$

Năng lượng của gamma tán xạ:

$$E_\gamma' = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_e c^2} (1 - \cos \theta)} \quad (4.5)$$

Ở góc tán xạ của  $\gamma$  so với  $\gamma$ ,  $m_e c^2 = 511 \text{ KeV}$ . Công thức này được dùng để khảo sát năng lượng của gamma tán xạ theo góc tán xạ.

#### 4.2.2. Công thức thực nghiệm dùng trong khảo sát bề dày và mật độ

Nếu bố trí hình học của hệ đo không đổi thì cường độ của tia tán xạ được tính theo công thức:

$$I_{\text{tx}}(\theta) = \rho x \eta \frac{Z}{A} \text{const} \quad (4.6)$$

const: là hằng số theo một góc nhất định và bằng:

$$\text{const} = I_0 \frac{\Delta \Omega N_0}{\cos(\theta/2)} \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} \quad (4.7)$$

$I_0$ : cường độ photon tới;  $I_{\text{tx}}(\theta)$ : cường độ tán xạ ở góc  $\theta$ ;  $A, Z$ : số khối và số nguyên tử khối;  $\Delta \Omega$ : hệ số hình học;  $\rho$ : mật độ bia tán xạ;  $x$ : là bề dày bia tán xạ;  $N_0$ : là số Avogadro;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ : hệ số hiệu chỉnh của đầu dò;  $\eta$ : hệ số hiệu chỉnh sự tự hấp thụ của bia.

#### 4.3. Thực hành:

##### 4.3.1 Dụng cụ:

- Đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) và bộ phân tích đa kênh MCA
- Nguồn Co<sup>60</sup>
- Thước kẹp.
- Vật liệu: Cu, Pb, Al, Fe.

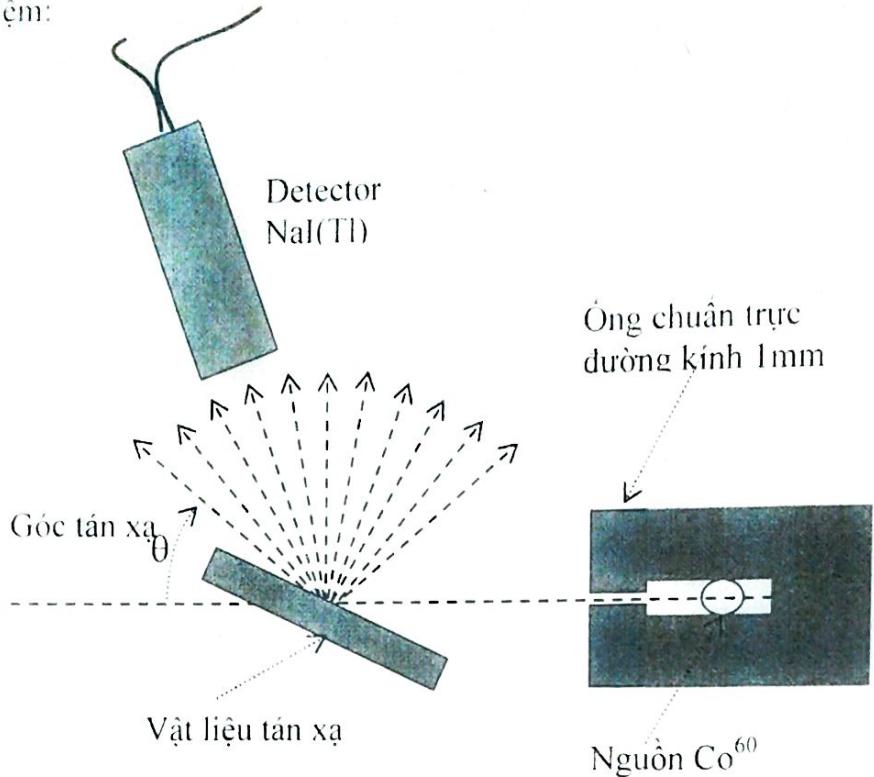
Bảng 4.1. Mật độ của Cu, Pb, Al, Fe

| Nguyên tố | Mật độ (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----------------------------|
| Al        | 2,7                         |
| Fe        | 7,8                         |
| Cu        | 8,7                         |
| Pb        | 11,4                        |

#### 4.3.2 Các bước thực hành:

- Khảo sát năng lượng gamma tán xạ theo góc tán xạ dùng nguồn Co<sup>60</sup>
  - Bố trí thí nghiệm như hình vẽ (Vật liệu bia tán xạ là Al)
  - Khi chưa có nguồn và bia tán xạ, tiến hành khảo sát phông
  - Khi chưa có bia tán xạ, giữ nguyên bố trí, tiến hành khảo sát phổ bức xạ phát ra từ nguồn.
  - Đặt bia tán xạ vào và xoay bia tán xạ theo từng góc khảo sát. Sau đó ghi nhận phổ tán xạ
- Dùng nguồn Co<sup>60</sup> khảo sát cường độ tia tán xạ theo bề dày của Al ở góc tán xạ nhất định.
  - Cố định góc tán xạ ở vị trí 120°
  - Thay đổi bề dày bia tán xạ và tiến hành ghi nhận số đếm tương ứng

○ Sơ đồ thí nghiệm:



**Hình 4.2.** Sơ đồ bố trí thí nghiệm khảo sát tán xạ ngược Compton

#### 4.4. Báo cáo kết quả

- Loại detector sử dụng:.....
- Cao thế:.....,
- Hệ số khuếch đại:.....
- Thời gian đo: ..... giây
- Loại nguồn sử dụng:.....
- Hoạt độ tương ứng:.....

1. Đo năng lượng của gamma tán xạ Compton ở các góc tán xạ  $\theta$ :
- Bảng 4.2.

| Góc<br>tán xạ<br>(độ) | Năng lượng Gamma<br>tán xạ theo định 1173<br>(KeV) | Năng lượng Gamma<br>tán xạ theo định 1332<br>(KeV) | Năng lượng gamma tán xạ<br>trung bình của hai định<br>1252.5 (KeV) |
|-----------------------|--|--|--|
| 60                    |  |  |  |
| 70                    |  |  |  |
| 80                    |  |  |  |
| 90                    |  |  |  |
| 100                   |  |  |  |

2. So sánh năng lượng tán xạ trung bình giữa thực nghiệm và lý thuyết sử dụng công thức (4.5).
3. Thị nghiệm được bố trí ở góc tán xạ  $120^\circ$ , vật liệu dùng để khảo sát là Nhôm có bề dày thay đổi. Kết quả được cho trong bảng sau:

Bảng 4.3.

| Bề dày (cm) | Khối lượng bề mặt ( $m_p = \rho \cdot x$ ) (g/cm <sup>2</sup> ) | Số đếm |
|-------------|---|--------|
| 0.2         | 0.54  |        |
| 0.4         | 1.08  |        |
| 0.5         | 1.35  |        |
| 0.6         | 1.62  |        |
| 0.7         | 1.89  |        |
| 0.8         | 2.16  |        |
| 0.9         | 2.43  |        |
| 1           | 2.7   |        |
| 1.1         | 2.97  |        |
| 1.2         | 3.24  |        |
| 1.4         | 3.78  |        |

4. Cho biết khối lượng bề mặt là  $m_p = \rho \cdot x$  (g/cm<sup>2</sup>) và  $\mu_1 + \mu_2 = 0.121$  (g/cm<sup>2</sup>) là tổng hệ số hấp thụ khối của gamma tới có năng lượng trung bình 1.25 MeV và gamma tán

xạ có năng lượng 0,226 KeV tại góc  $120^{\circ}$ . Sử dụng chương trình Mathematica làm khớp giá trị số dêm theo khối lượng bê mặt theo hàm số sau:

$$I(x) = I_0 + I_s [1 - e^{-(\mu_1 + \mu_2) \rho x}] \quad (4.8)$$

$I(x)$  là cường độ chùm tia tán xạ tại bê dày  $x$ ,  $I_0$ : cường độ tán xạ trong không khí.

5. Về phô tán xạ khi không có bia và khi có bia tán xạ trên cùng đồ thị.

### Tài liệu tham khảo:

- [1] Châu Văn Tạo (2004), *An toàn bức xạ ion hóa*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. HCM.
- [2] Trần Phong Dũng, Châu Văn Tạo, Nguyễn Hải Dương (2002), *Phương pháp ghi nhận bức xạ ion hóa*, Nhà xuất bản Đại học quốc gia Tp. HCM.
- [3] Lê Kim Ngọc (2008), *Nghiên cứu tán xạ gamma theo góc và bê dày trên vật liệu nhôm*, Luận văn tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. HCM.
- [4] Glenn F. Knoll (2000), *Radiation detection and measurement (Third edition)*, John Wiley & Sons.

xạ có năng lượng 0,226 KeV tại góc  $120^{\circ}$ . Sử dụng chương trình Mathematica làm khớp giá trị số đếm theo khối lượng bê mặt theo hàm số sau:

$$I(x) = I_0 + I_s [1 - e^{-(\mu_1 + \mu_2) \rho x}] \quad (4.8)$$

$I(x)$  là cường độ chùm tia tán xạ tại bê dày  $x$ ,  $I_0$ : cường độ tán xạ trong không khí.

5. Về phổ tán xạ khi không có bia và khi có bia tán xạ trên cùng đồ thị.

#### Tài liệu tham khảo:

- [1] Châu Văn Tạo (2004). *An toàn bức xạ ion hóa*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Tp. HCM.
- [2] Trần Phong Dũng, Châu Văn Tạo, Nguyễn Hải Dương (2002). *Phương pháp ghi nhận bức xạ ion hóa*. Nhà xuất bản Đại học quốc gia Tp. HCM.
- [3] Lê Kim Ngọc (2008). *Nghiên cứu tán xạ gamma theo góc và bê dày trên vật liệu nhôm*. Luận văn tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. HCM.
- [4] Glenn F. Knoll (2000). *Radiation detection and measurement (Third edition)*, John Wiley & Sons.

## LIỀU KÉ NEUTRON

CBPT: Trịnh Hoa Lãng

Trần Nguyễn Thùy Ngân

### 5.1. Mục đích

Tìm hiểu liều kế neutron và thực hiện một số phép đo thực nghiệm.

### 5.2. Nguyên tắc

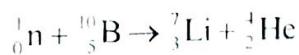
#### 5.2.1. Lý thuyết liều lượng:

Tham khảo thêm trong bài an toàn bức xạ ion hóa đối với bức xạ gamma. Trọng số phóng xạ của neutron nhiệt  $W_r = 3$  và neutron nhanh  $W_r = 10$ . Liều được phép giới hạn của neutron nhiệt 0,67 Rad/năm và neutron nhanh 0,2 Rad/năm.

#### 5.2.2. Lý thuyết đầu dò neutron:

Liều kế neutron được dùng trong thí nghiệm này là liều kế Eberline – ASP 1 có dạng hình cầu. Liều kế này dùng ống đếm tý lệ chứa  $\text{BF}_3$  đặt ở tâm hình cầu và được bọc một lớp Cd mỏng kế tiếp được đặt trong hình cầu đặc được làm bằng chất polyethylen có đường kính 9 inch. Cơ chế đo của ống đếm  $\text{BF}_3$ :

Tử phản ứng:



Tia  $\alpha$  bay ra ion hóa khí trong đầu dò, dưới tác dụng của cao thế ion và electron bay ra ngược chiều tạo thành xung điện.

Đầu dò do neutron có năng lượng nằm trong khoảng: 0.025 eV đến 10 MeV.

Giới hạn về suất liều: 0 đến 100 rem/giờ. Giá trị này là liều tương đương.

Giới hạn về suất liều: 0 đến 100 rem/giờ. Giá trị này là liều tương đương.

### 5.3. Thực hành

#### a. Dụng cụ:

- Liều kế neutron Eberline – ASP 1.
- Cách điều chỉnh các thông số:

**On/off:** bật/tắt.

**Bat:** kiểm tra pin.

**HV:** kiểm tra cao thế.

**Range :** giao do.

**Integrate/fast/Slow:** cách đo: đo tổng/do theo thời gian ghi nhận nhanh trong khoảng 1 – 10 giây/do theo theo thời gian ghi nhận chậm hơn fast trong khoảng 10 – 29 giây.

**Light/reset:** hiện thị giá trị đang đo/khởi tạo lại giá trị đo bắt đầu bằng 0.

**Speaker:** phát tín hiệu âm thanh.

b. Các bước thực hành:

Thực hiện đo liều neutron trong phòng thí nghiệm VLHNDC, chuyên đề 1 và chuyên đề 2 ở ba chế độ Integrate, Fast và Slow.

#### 5.4. Báo cáo kết quả:

Thời gian đo: 2-5 phút.

Bảng 5.1. Giá trị suất liều theo vị trí và từng chế độ đo của liều kế neutron

| Suất liều | Integrate | Fast | slow |
|-----------|-----------|------|------|
| PTN-ĐC    |           |      |      |
| CĐ 1      |           |      |      |
| CĐ 2      |           |      |      |

So sánh suất liều giữa các chế độ đo. Từ suất liều tương đương này tính suất liều trung bình của neutron (xem công thức trong bài an toàn bức xạ ion hóa đối với bức xạ gamma) cho biết neutron đang đo là neutron nhiệt.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Glenn F. Knoll (2000). *Radiation detection and measurement* (Third Edition), John Wiley & Sons.
- [2] Model ASP-1 Analog Smart Portable Technical Manual, Eberline.

## IỤC CHẤT LỎNG

CBPT: Nguyễn Quốc Hùng

Phan Lê Hoàng Sang

5.1.

viên tìm hiểu một ứng dụng của tia gamma truyền

5.2.

định lượng mực chất lỏng trong các bồn kín.

5.2.

số p

dụng dựa trên quy luật suy giảm cường độ của chùm

hạn

hát.

5.2.

cường độ ban đầu  $I_0$  đi qua lớp vật chất có bề dày  $dx$  (nguyên tử/cm<sup>3</sup>) thì cường độ  $I_0$  sẽ giảm đi một lượng

dạng

$$dI = -I_0 n(\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr}) dx \quad (6.1)$$

bọc

tia gamma còn lại sau khi đi qua lớp vật chất có bề dày

pol

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (6.2)$$

$$\mu = n(\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr}) (1/cm) \quad (6.3)$$

nó phụ thuộc vào mật độ và loại vật chất mà tia gamma  
traversing của chùm tia gamma tới. Để loại bỏ sự phụ thuộc của  
vật chất người ta đưa ra hệ số hấp thụ khối:

$$= \frac{n(\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr})}{\rho} = \frac{N_A}{A} (\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr}) \text{ (cm}^2/\text{g}) \quad (6.4)$$

$$\frac{\sigma_{ph}}{\rho} + \frac{\sigma_{co}}{\rho} + \frac{\sigma_{pr}}{\rho} = \mu'_{ph} + \mu'_{co} + \mu'_{pr}$$

hệ số khói nguyên tử của chất hấp thụ.

Để mật của vật chất:  $d = \rho x$

theo hệ số khói như sau:

$$I = I_0 \exp(-\mu x) = I_0 \exp(-[\mu/\rho]\rho x) = I_0 \exp(-\mu' d) \quad (6.5)$$

## BÀI THỰC TẬP 6

CD2

**ĐO MỤC CHẤT LỎNG**

CBPT: Nguyễn Quốc Hùng

Phan Lê Hoàng Sang

**6.1. Mục đích**

Bài thực tập này giúp sinh viên tìm hiểu một ứng dụng của tia gamma truyền qua vật chất trong việc khảo sát định lượng mực chất lỏng trong các bồn kín.

**6.2. Nguyên tắc**

Bài thực tập này được xây dựng dựa trên quy luật suy giảm cường độ của chùm tia gamma khi truyền qua vật chất.

Khi chùm tia gamma có cường độ ban đầu  $I_0$  đi qua lớp vật chất có bề dày  $dx$  (cm) và có mật độ nguyên tử  $n$  (nguyên tử/cm<sup>3</sup>) thì cường độ  $I_0$  sẽ giảm đi một lượng  $dI$ :

$$dI = -I_0 n (\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr}) dx \quad (6.1)$$

Từ (6.1) suy ra cường độ của tia gamma còn lại sau khi đi qua lớp vật chất có bề dày  $x$ :

$$I = I_0 \exp(-\mu x) \quad (6.2)$$

$$\mu = n(\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr}) (1/cm) \quad (6.3)$$

là hệ số hấp thụ tuyến tính, nó phụ thuộc vào mật độ và loại vật chất mà tia gamma truyền qua cũng như năng lượng của chùm tia gamma tới. Để loại bỏ sự phụ thuộc của hệ số hấp thụ vào mật độ vật chất người ta đưa ra hệ số hấp thụ khối:

$$\begin{aligned} \mu' &= \frac{\mu}{\rho} = \frac{n(\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr})}{\rho} = \frac{N_A}{\Lambda} (\sigma_{ph} + \sigma_{co} + \sigma_{pr}) \quad (\text{cm}^2/\text{g}) \\ &= \frac{\mu_{ph}}{\rho} + \frac{\mu_{co}}{\rho} + \frac{\mu_{pr}}{\rho} = \mu'_{ph} + \mu'_{co} + \mu'_{pr} \end{aligned} \quad (6.4)$$

$N_A$  là số Avogadro,  $\Lambda$  là số khối nguyên tử của chất hấp thụ.

Gọi  $d$  (g/cm<sup>2</sup>) là mật độ bề mặt của vật chất:  $d = \rho x$

Khi đó (6.2) được viết lại theo hệ số hấp thụ khối như sau:

$$I = I_0 \exp(-\mu x) = I_0 \exp(-[\mu/\rho]\rho x) = I_0 \exp(-\mu' d) \quad (6.5)$$

## 6.3. Thực hành

### 6.3.1 Dụng cụ

- Hệ thiết bị đo mực chất lỏng
- Hệ ghi do phóng xạ
- Nguồn Cs<sup>137</sup>

### 6.3.2 Các bước tiến hành thí nghiệm

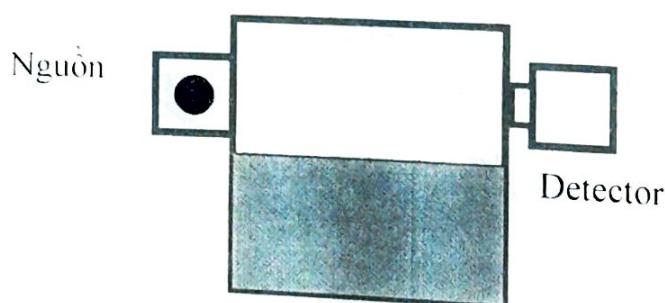
- **Chú ý:** sinh viên không tự lấy nguồn mà phải nhờ giáo viên hướng dẫn.

#### Các bước chuẩn bị:

- Để biết được vị trí kênh nào tương ứng với năng lượng của bức xạ gamma phát ra từ nguồn, ta tiến hành khảo sát số đếm theo kênh. Từ đó thiết lập vị trí kênh tương ứng để ghi nhận được định năng lượng 662 (keV) của nguồn Cs-137.
- Đặt hệ đếm SCA ở chế độ đo tự động (ngưỡng dưới = 0, độ rộng cửa sổ  $\Delta E = 1$ , thời gian đo 10 giây).
- Ghi nhận kết quả số đếm đo được. Vẽ đồ thị số đếm phụ thuộc vào số kênh. Khảo sát vị trí kênh ứng với định năng lượng quan tâm. Từ đó xác định ngưỡng dưới và độ rộng cửa sổ của hệ phân tích SCA.

#### Các bước tiến hành:

- Đổ nước vào bình đến một mức xác định
- Tiến hành khảo sát sự thay đổi cường độ tia gamma theo các mức nước chứa trong bình theo sơ đồ sau:



Hình 6.1. Sơ đồ bố trí nguồn và detector trong thí nghiệm đo mực chất lỏng

- Bước 1: Dịch chuyển đồng thời cả nguồn và đầu dò từ thấp lên cao với mỗi bước dịch chuyển là 2mm và tiến hành ghi nhận lại số đếm. Vẽ đồ thị. Xác định mực chất lỏng trong bình.

- Bước 2: Tiếp đến dịch chuyển đồng thời cả nguồn và đầu探测器 từ cao xuống thấp với mỗi bước dịch chuyển là 2mm và tiến hành ghi nhận lại số đếm. Vẽ đồ thị. Xác định mực chất lỏng trong bình và so sánh với kết quả ở bước 1

#### 6.4. Báo cáo kết quả

- Loại detector sử dụng:.....
- Cao thế:....., Hệ số khuếch đại:.....
- Loại nguồn sử dụng:....., Hoạt độ nguồn tương ứng:.....
- Thời gian đo:..... giây, Số lần đo tại mỗi vị trí khảo sát:..... lần
- Ngưỡng dưới:..... Độ rộng cửa sổ AE = .....
- Số đếm phòng  $N_p$  = .....

Thực hiện các phép đo ghi nhận kết quả trong bảng ở dưới:

**Bảng 6.1.** Bảng kết quả

|                          |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Mực nước L<br>(ml)       |  |  |  |  |  |  |
| Cường độ I<br>(số đếm/s) |  |  |  |  |  |  |
| Sai số                   |  |  |  |  |  |  |

Vẽ đồ thị cường độ theo mực nước. Từ đồ thị xác định dạng và làm khớp hàm  $I = f(L)$  để xác định mực nước L theo cường độ gamma I được trình bày trong bảng 6.1.

#### Tài liệu tham khảo:

- [1] PGS. TS. Trần Đại Nghiệp, (2004), *Tương tác của bức xạ gamma với vật chất và ứng dụng trong thiết kế che chắn*, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam.
- [2] Võ Hoàng Duy (2008), *Đo mực chất lỏng*, Luận văn tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. HCM.
- [3] Glenn F. Knoll (2000), *Radiation detection and measurement (Third edition)*, John Wiley & Sons.

## 7.2. Nguyên tắc

Phương pháp phân tích huỳnh quang tia X (XRF- X ray fluorescence) dựa trên hiện tượng quang điện xảy ra trên các lớp K, L hoặc M của vỏ nguyên tử khi bị kích thích bởi các bức xạ ion hóa (tia X,  $\gamma$ ,  $e^-$ ...). Khi electron ở các mức này thoát ra để lại lỗ trống, sẽ diễn ra hiện tượng chuyển mức của các electron từ các mức có năng lượng cao hơn để lấp chỗ trống, trong quá trình chuyển đổi sẽ dẫn đến phát xạ các tia X huỳnh quang, có năng lượng bằng hiệu số giữa hai mức năng lượng.

Để tạo ra hiện tượng quang điện (và phát tia X huỳnh quang) đối với một nguyên tố trong mẫu, điều kiện đầu tiên là năng lượng bức xạ kích thích phải lớn hơn năng lượng liên kết của electron trên các lớp K, L... của nguyên tố.

Do phân bố các mức năng lượng đối với mỗi nguyên tố là khác nhau, phụ thuộc bậc số nguyên tử Z nên năng lượng phát tia X huỳnh quang cũng khác nhau giữa các nguyên tố. Vì vậy, trong phương pháp XRF, các tia X huỳnh quang được gọi là tia X đặc trưng của nguyên tố, để phân biệt với các loại tia X tạo ra bởi bức xạ hâm hoặc tản xạ.

Trong quá trình phân tích, việc nhận diện sự có mặt của nguyên tố trong mẫu dựa vào năng lượng các tia X đặc trưng của nguyên tố trên phô XRF (phân tích định tính), việc đánh giá hàm lượng của nguyên tố trong mẫu dựa vào cường độ các tia X đặc trưng của nó (phân tích định lượng).

## PHÂN TÍCH HUỲNH QUANG TIA X

(Phân định lượng)

CBPT: Nguyễn Hoàng Anh

Lưu Đặng Hoàng Oanh

### 7.1. Mục đích

Cung cấp một số khái niệm cơ bản về kỹ thuật huỳnh quang tia X (XRF), khả năng ứng dụng của nó, các mô tả chung về một hệ phân tích EDXRF (Energy dispersive XRF- do phân bố năng lượng).

Xác định hàm lượng của các nguyên tố có trong mẫu phân tích (định lượng) bằng phương pháp phân tích huỳnh quang tia X.

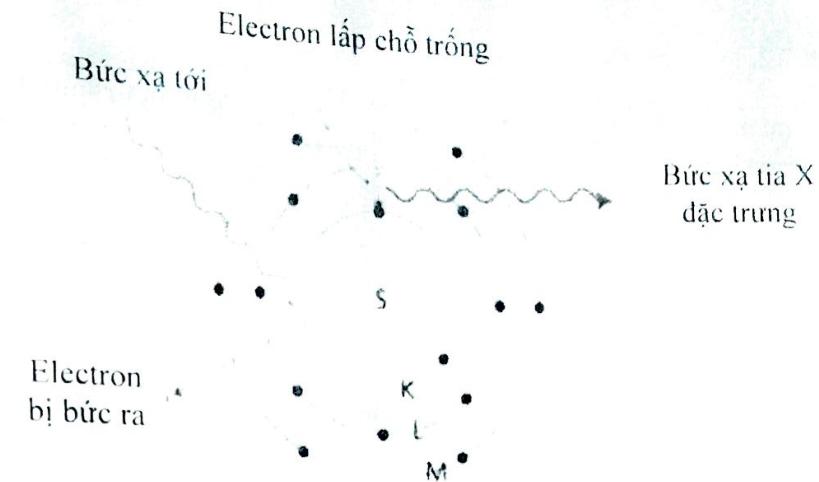
### 7.2. Nguyên tắc

Phương pháp phân tích huỳnh quang tia X (XRF- X ray fluorescence) dựa trên hiện tượng quang điện xay ra trên các lớp K, L hoặc M của vỏ nguyên tử khi bị kích thích bởi các bức xạ ion hóa (tia X,  $\gamma$ ,  $e^-$ ...). Khi electron ở các mức này thoát ra để lại lỗ trống, sẽ diễn ra hiện tượng chuyển mức của các electron từ các mức có năng lượng cao hơn để lấp chỗ trống, trong quá trình chuyển đổi sẽ dẫn đến phát xạ các tia X huỳnh quang, có năng lượng bằng hiệu số giữa hai mức năng lượng.

Để tạo ra hiện tượng quang điện (và phát tia X huỳnh quang) đối với một nguyên tố trong mẫu, điều kiện đầu tiên là năng lượng bức xạ kích thích phải lớn hơn năng lượng liên kết của electron trên các lớp K, L... của nguyên tố.

Do phân bố các mức năng lượng đối với mỗi nguyên tố là khác nhau, phụ thuộc bậc số nguyên tử Z nên năng lượng phát tia X huỳnh quang cũng khác nhau giữa các nguyên tố. Vì vậy, trong phương pháp XRF, các tia X huỳnh quang được gọi là tia X đặc trưng của nguyên tố, để phân biệt với các loại tia X tạo ra bởi bức xạ hầm hoặc tán xạ.

Trong quá trình phân tích, việc nhận diện sự có mặt của nguyên tố trong mẫu dựa vào năng lượng các tia X đặc trưng của nguyên tố trên phổ XRF (phân tích định tính), việc đánh giá hàm lượng của nguyên tố trong mẫu dựa vào cường độ các tia X đặc trưng của nó (phân tích định lượng).



Hình 7.1. Hiện tượng quang điện và phát tia X huỳnh quang

### 7.3. Thực hành

#### 7.3.1. Dụng cụ

- Detector Si(Li) XR-100SDD
- Nguồn kích:  $^{55}\text{Fe}$
- Phần mềm phân tích phổ huỳnh quang tia X Dpp MCA.
- Mẫu so sánh gồm hỗn hợp: CaO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và NaHCO<sub>3</sub>, dạng bột mịn được đựng trong hộp nhựa trụ đường kính 5 cm, mặt trên được phủ bởi lớp nilon mỏng.
- Mẫu phân tích X cũng gồm các hỗn hợp trên nhưng hàm lượng từng nguyên tố chưa biết.

#### 7.3.2. Các bước thực hành

a) Chuẩn bị mẫu so sánh: Hàm lượng của các nguyên tố quan tâm (Ca và Cr) và chất nền (NaHCO<sub>3</sub>) được thay đổi sao cho tổng khối lượng mẫu là 5g. Sau đó trộn đều các thành phần và đóng gói vào trong hộp nhựa.

Bảng 7.1. Đối với bột CaO

| Tên mẫu | Khối lượng hợp chất (g) | Khối lượng nguyên tố quan tâm w (g) |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |

Hình 7.2. Đối với bột Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

| Tên mẫu | Khối lượng hợp chất (g) | Khối lượng nguyên tố quan tâm w (g) |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |

b) Các mẫu so sánh được chiếu và đo trong 1 giờ. Xây dựng đường chuẩn hàm lượng lượng dựa trên cường độ năng lượng bức xạ tia X đặc trưng I theo từng nguyên tố quan tâm trong mẫu so sánh:  $w = al + b$

Bảng 7.3. Kết quả thực nghiệm đối với mẫu so sánh

| Nguyên tố<br>quan tâm | Năng lượng<br>phát bức xạ tia X đặc<br>trưng K <sub>a</sub> (keV) | Tên mẫu | Cường độ bức xạ tia<br>X đặc trưng I | Sai số (%) |
|-----------------------|---|---------|--------------------------------------|------------|
| Ca                    | 3,69  |         |                                      |            |
|                       |   |         |                                      |            |
|                       |   |         |                                      |            |
| Cr                    | 5,41  |         |                                      |            |
|                       |   |         |                                      |            |

c) Tương tự, tiếp tục chiếu và đo mẫu phân tích X trong thời gian 1 giờ. Ghi lại cường độ năng lượng bức xạ tia X đặc trưng và dùng phương trình đường chuẩn hàm lượng ở trên để tìm hàm lượng lượng nguyên tố quan tâm có trong mẫu.

**Hình 7.2.** Đổi với bột Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

| Tên mẫu | Khối lượng hợp chất (g) | Khối lượng nguyên tố quan tâm w (g) |
|---------|-------------------------|-------------------------------------|
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |
|         |                         |                                     |

b) Các mẫu so sánh được chiếu và đo trong 1 giờ. Xây dựng đường chuẩn hàm lượng lượng dựa trên cường độ năng lượng bức xạ tia X đặc trưng I theo từng nguyên tố quan tâm trong mẫu so sánh:  $w=al+b$

**Bảng 7.3.** Kết quả thực nghiệm đổi với mẫu so sánh

| Nguyên tố<br>quan tâm | Năng lượng<br>phát bức xạ tia X đặc<br>trưng K <sub>a</sub> (keV) | Tên mẫu | Cường độ bức xạ tia<br>X đặc trưng I | Sai số (%) |
|-----------------------|---|---------|--------------------------------------|------------|
| Ca                    | 3,69  |         |                                      |            |
| Cr                    | 5,41  |         |                                      |            |

c) Tương tự, tiếp tục chiếu và đo mẫu phân tích X trong thời gian 1 giờ. Ghi lại cường độ năng lượng bức xạ tia X đặc trưng và dùng phương trình đường chuẩn hàm lượng ở trên để tìm hàm lượng lượng nguyên tố quan tâm có trong mẫu.

#### 7.4. Báo cáo kết quả

**Bảng 7.4.** Kết quả thực nghiệm đối với mẫu so sánh và mẫu phân tích

| Nguyên tố<br>quan tâm | Tên mẫu | Năng lượng phát tia<br>X đặc trưng $K_{\alpha}$ (keV) | Cường độ bức xạ<br>tia X đặc trưng I | Sai số (%) |
|-----------------------|---------|---|--------------------------------------|------------|
| Ca                    |         | 3,69  |                                      |            |
|                       | X       |   |                                      |            |
| Cr                    |         | 5,41  |                                      |            |
|                       | X       |   |                                      |            |

#### Kết luận

- + Phương trình đường chuẩn hàm lượng theo cường độ bức xạ tia X đặc trưng đối với nguyên tố quan tâm  $w_i = (a_i \pm \sigma_{a_i})l_i + (b_i \pm \sigma_{b_i})$  ( $i$  là nguyên tố quan tâm)
- + Hàm lượng nguyên tố  $i$  trong mẫu X:  $w_i = ..... \pm .....$

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Huỳnh Trúc Phương, Trần Phong Dũng, Châu Văn Tạo (2009), Giáo trình Các phương pháp phân tích hạt nhân nguyên tử, Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. Hồ Chí Minh.
- [2] Rene E.Van Grieken & Andrej A.Markowicz (1993), *Handbook of X-ray spectrometry*, Marcel Dekker, Inc.
- [3] Ron Jenkins, R.W.Gould, Dale Gedcke (1981), Quantitative X-ray spectrometry, America.
- [4] <http://www.amptek.com>

## BÀI THỰC TẬP 8

**XÁC ĐỊNH HOẠT ĐỘ CỦA ĐÔNG VỊ  $^{226}\text{Ra}$  DỰA TRÊN PHỐ ALPHA**

CBPT: Lê Công Háo

Nguyễn Hoàng Anh

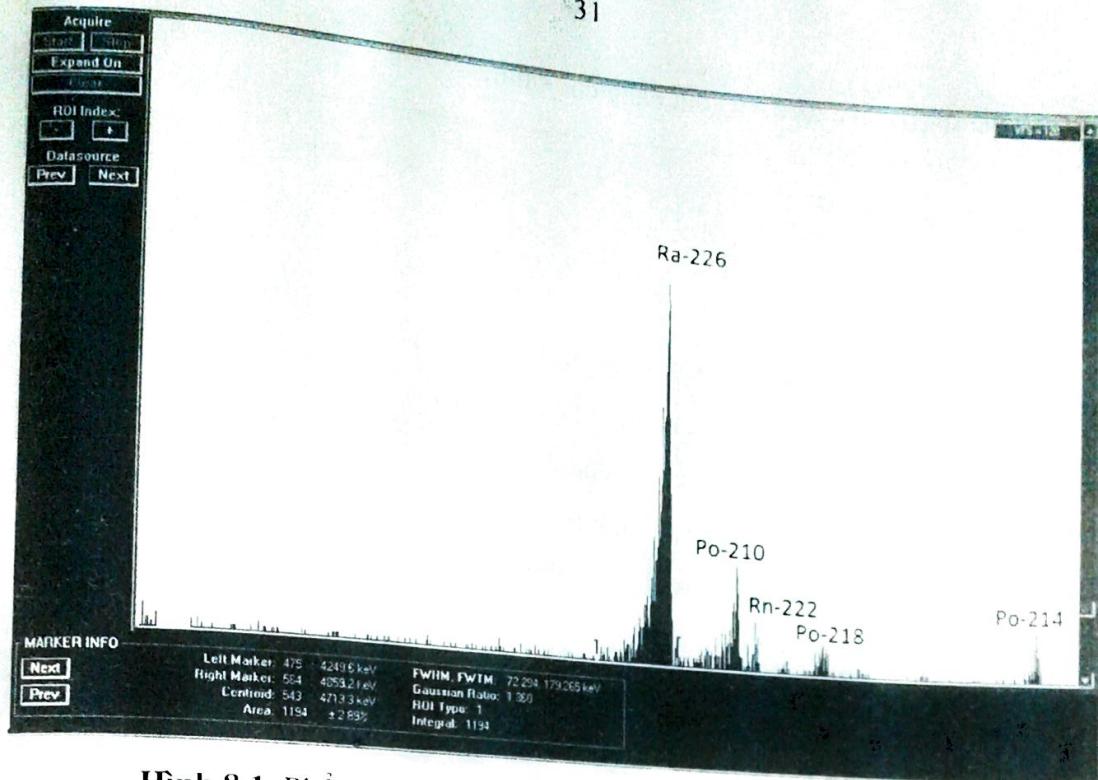
**8.1. Mục đích**Tim hiểu phô alpha của nguồn  $^{226}\text{Ra}$ .Xác định hoạt độ của nguồn  $^{226}\text{Ra}$  bằng phương pháp tuyệt đối dựa trên phô alpha.**8.2. Nguyên tắc**

Về nguyên tắc, phô alpha của nguồn  $^{226}\text{Ra}$  gồm năm đinh diện tích lớn có năng lượng lần lượt là 4,78 MeV, 5,30 MeV, 5,49 MeV, 6,00 MeV, 7,69 MeV. Ngoài ra, phô còn chứa nhiều đinh diện tích rất bé nên rất khó quan sát được. Các đinh diện tích lớn lần lượt tương ứng với các chùm hạt alpha phát ra từ nhân  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Po}$ . Diện tích tương đối của các đinh này cho ở Bảng 8.1.

**Bảng 8.1.** Diện tích các đinh phô của phô alpha nguồn  $^{226}\text{Ra}$ 

| Nhân                             | $^{226}\text{Ra}$ | $^{210}\text{Po}$ | $^{222}\text{Rn}$ | $^{218}\text{Po}$ | $^{214}\text{Po}$ |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tỷ lệ phân rã<br>$\alpha$ (%)    | 100               | 100               | 100               | 100               | 100               |
| Năng lượng<br>hạt $\alpha$ (MeV) | 4,78              | 5,30              | 5,49              | 6,00              | 7,69              |

Nguồn  $^{226}\text{Ra}$  của Bộ Môn được tạo ra bằng phương pháp tách hoá phóng xạ trên nền đĩa  $\text{MnO}_2$ , phô alpha thu được từ hệ đo Alpha Analyst gồm năm đinh năng lượng tương ứng như trong bảng 8.1, cụ thể có dạng sau:



**Hình 8.1.** Phổ alpha của nguồn  $\text{Ra}^{226}$  cho bởi hệ đo Alpha Analyst

Hoạt độ của nguồn  $\text{Ra}^{226}$  là hoạt độ phóng xạ của nhân  $\text{Ra}^{226}$ . Giữa diện tích toàn phổ và hoạt độ của nhân  $\text{Ra}^{226}$  khi nguồn được tạo ra có mối liên hệ:

$$A = \frac{S}{t \times \epsilon \times f_g \times f \times V} \quad (8.1)$$

Trong đó:

A: là hoạt độ  $\text{Ra}^{226}$  trong một lít nước khoáng (Bq/l).

S: là diện tích dính phổ (số đếm).

t: là thời gian đo (s).

$\epsilon$ : là hiệu suất ghi của detector.

$f_g$ : là hệ số hình học.

f: là xác suất phát tia alpha quan tâm.

V: là thể tích mẫu nước (l).

Sai số của hoạt độ được tính bằng công thức :

$$\sigma_N = A \times \sqrt{\left( \left( \frac{\sigma_S}{S} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_e}{e} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_{f_g}}{f_g} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_\alpha}{\alpha} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_V}{V} \right)^2 \right)} \quad (8.2)$$

Trong đó:

$\sigma_N$ : Sai số hoạt độ riêng (Bq/l).

$\sigma_S$ : Sai số diện tích định phò (số đếm).

$\sigma_e$ : Sai số hiệu suất ghi của detector.

$\sigma_{f_g}$ : Sai số của hệ số hình học.

$\sigma_\alpha$ : Sai số xác suất phát tia alpha.

$\sigma_V$ : Sai số thể tích mẫu nước (l).

Đối với nguồn dạng đĩa mỏng đặt đồng trực với detector hệ số hình học tính bằng công thức:

$$f_g = \frac{1}{4\pi S_i} \iiint \frac{r_1 r_2 dr_1 dr_2 d\varphi_1 d\varphi_2 d}{\left( \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2 r_1 r_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)} + d \right)^3} \quad (8.3)$$

Miền lấy tích phân xác định bởi:

$$0 \leq r_1 \leq R_s \quad 0 \leq r_2 \leq R_{dc}$$

$$0 \leq \varphi_1 \leq 2\pi \quad 0 \leq \varphi_2 \leq 2\pi$$

$R_s$ : bán kính nguồn,  $R_{dc}$ : bán kính detector.

$S_i$ : diện tích nguồn

$d$ : khoang cách giữa nguồn và detector.

Có thể tính  $f_g$  dựa trên phần mềm “Solang”

### 8.3. Thực hành:

a. Dụng cụ:

+ Hệ phò kê Alpha Analyst.

+ Nguồn  $^{226}\text{Ra}$ .

b. Các bước thực hành:

+ Kiểm tra hệ đo, khởi động hệ điện tử, chờ 15 phút để ổn định hệ điện tử.

+ Đặt chế độ hoạt động cho hệ điện tử; giảng viên hướng dẫn việc thực hiện đặt các thông số

- + Chờ 15 phút để hệ điện tử thật ổn định
- + Đặt nguồn  $^{226}\text{Ra}$  vào buồng đo cách detector 9 mm, hút chân không đến giá trị cực đại (cho máy hút chân không chạy khoảng 5 phút).
- + Ra lệnh ghi nhận phô, kết thúc phép đo, lưu phô.
- + Quan sát phô nhận được, xác định các vị trí định năng lượng tương ứng và diện tích định phô.

#### 8.4. Báo cáo kết quả

Dựa trên dữ liệu thực nghiệm, sinh viên hoàn thành các các thông số ở bảng 8.2.

Bảng 8.2. Các thông số thực nghiệm

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| $S \pm \sigma_S$             |                  |
| $t$                          | 86400 (s)        |
| $c \pm \sigma_c$             |                  |
| $f_g \pm \sigma_{fg}$        |                  |
| $f \pm \sigma_f$             |                  |
| $V \pm \sigma_V$             | $200 \pm 5$ (ml) |
| $\Lambda \pm \sigma_\Lambda$ |                  |

#### Đánh giá kết quả:

Sinh viên so sánh kết quả đo hoạt động với giá trị cho bởi giảng viên. Đánh giá độ chính xác và xác định nguyên nhân ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Canberra (2001). *Model S570 Genie-2000 Alpha Analyst, User's Manual*. 9231047D, Canberra Industries, Inc.
- [2] Lê Công Hao (2013). *Nghiên cứu xác định hàm lượng phóng xạ một số nguyên tố nặng trong mẫu môi trường bằng phương pháp phô Alpha*. Luận án Tiến sĩ Vật lý, Trường đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

## BÀI THỰC TẬP 9

# XÁC ĐỊNH QUÄNG CHÄY CỦA HẠT ALPHA TRONG KHÔNG KHÍ Ở CÁC ĐIỀU KIỆN CỦA HỆ PHỐ KÉ ALPHA

CBPT: Nguyễn Hoàng Anh

Trần Nguyễn Thùy Ngân

## 9.1. Mục đích

Khảo sát sự suy giảm cường độ của chùm hạt alpha trong không khí. Từ đó xác định quãng chạy của hạt alpha trong không khí.

## 9.2. Nguyên tắc

Hạt alpha là hạt nặng mang điện, khi đi trong không khí hay môi trường vật chất nói chung, chủ yếu va chạm với các điện tử của nguyên tử nên hầu như không bị lệch hướng, nhưng năng lượng suy giảm dần. Quỹ đạo của hạt gần như thẳng và khoang cách từ điểm đầu đến điểm cuối của quỹ đạo gọi là quãng chạy của hạt.

Do tính thống kê của quá trình tương tác giữa hạt với môi trường, quãng chạy của các hạt trong chùm hạt có năng lượng ban đầu như nhau thăng giáng quanh giá trị trung bình R. Sự phân bố số hạt theo quãng chạy cho bởi:

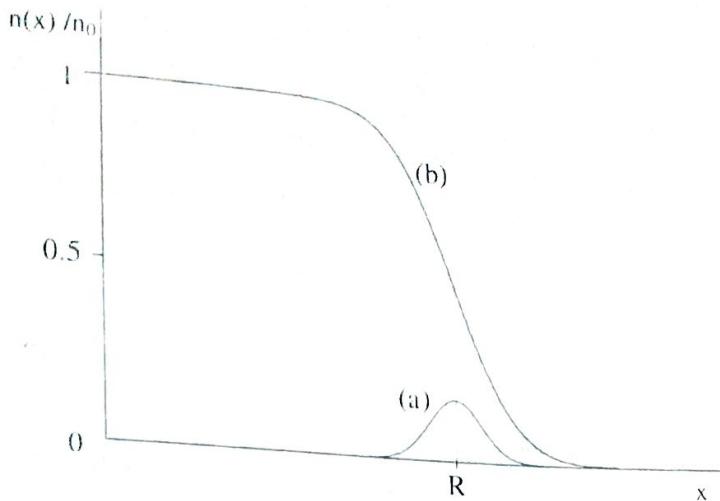
$$\frac{dn(x)}{n_0} = \frac{1}{\sigma_R \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-R)^2}{2\sigma_R^2}\right) dx \quad (9.1)$$

$dn(x)$ : số hạt có quãng chạy nằm giữa  $x$  và  $x + dx$ .

Số hạt có quãng chạy lớn hơn x, đây cũng là số hạt hiện diện trong chùm hạt sau khi đi qua lớp vật chất có bề dày x (bề dày này của lớp vật chất gọi là bề dày hấp thụ), cho bởi:

$$n(x) = n_0 - \int_0^x dn \quad (9.2)$$

Đây cũng là quy luật suy giảm cường độ của chùm hạt alpha trong môi trường vật chất bởi vì giữa số hạt  $n(x)$  của chùm hạt và cường độ chùm hạt I có mối quan hệ  $n(x) = k I$ , k là hằng số. Đồ thị có dạng:



**Hình 9.1.** Đồ thị tý số cường độ chùm hạt alpha theo bã dày hấp thụ x

Dường (a) là đường biểu diễn công thức (1).

Giá trị R tương ứng với cường độ chùm hạt suy giảm còn một nửa. Từ công thức (9.1) hay dường (a) hạt có quãng chạy R chiếm nhiều nhất, do vậy R được xem là quãng chạy của hạt alpha trong môi trường vật chất.

Dể xác định quãng chạy của hạt ta di xây dựng đường cong có dạng như ở Hình 1. Giữa cường độ chùm hạt I và diện tích đỉnh phô tương ứng N có mối liên hệ  $N = f \times I$  trong đó f là hằng số phụ thuộc vào bố trí hình học của phép đo và chế độ làm việc của hệ điện tử. Do đó, tỷ số cường độ chùm hạt sau khi di qua không khí I và không di qua không khí  $I_0$  bằng tỷ số diện tích các đỉnh phô - ghi nhận ở cùng bố trí hình học và chế độ làm việc của hệ điện tử - tương ứng với chùm hạt sau khi di qua N và không di qua không khí  $N_0$ :  $I / I_0 = N / N_0$ . Trong bài thực hành này, sinh viên thực hiện đo quãng chạy của hạt alpha năng lượng 7.69 MeV tương ứng với đỉnh phô năng lượng lớn nhất.

### 9.3. Thực hành

a. Dụng cụ:

- Hỗn hợp alpha.
  - Nguồn Mixed alpha  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  và  $^{241}\text{Am}$ .
  - Dụng cụ thay đổi khoảng cách.

giữa nguồn và detector, bắt đầu từ 5 mm trở lên, đặt thời gian đo lớn hơn 100 s, nếu số đếm xuất hiện không đáng kể có thể tiến hành phép đo.

- Đặt nguồn vào buồng đo, hút chân không đến giá trị cực đại (cho máy hút chân không chạy khoang 5 phút).

- Bắt đầu ghi nhận phô, kết thúc phép đo, lưu phô.

- Thay đổi khoảng cách và tiến hành đo lại từ bước đặt nguồn vào buồng đo.

Trong khoang từ 5 mm đến 45 mm bước thay đổi khoảng cách là 4 mm, khi tới khoảng cách 54 mm thay đổi mỗi lần 2 mm. Thực hiện phép đo đến khi tỷ số  $N/N_0$  xấp xỉ 0.001.

#### 9.4. Báo cáo kết quả

Sinh viên xác định diện tích của đinh năng lượng  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  và  $^{241}\text{Am}$  ở mỗi phô và hoàn thành 4 bảng số liệu (mỗi liên hệ giữa khoảng cách và diện tích đinh phô)

Cách 1: Sử dụng chương trình Origin biểu diễn các điểm thực nghiệm lên đồ thị, chọn vùng các điểm thực nghiệm vào Math vẽ được đường cong vi phân, fit đường này bằng dạng Gauss, vị trí đinh chính là quãng chạy của hạt.

Cách 2: Lấy diện tích đinh phô ở các khoảng cách sau đó xây dựng mối quan hệ theo phương trình  $y = ax + b$

Trong đó:  $y$  là diện tích đinh phô,  $x = \ln d$ .

Bảng phép ngoại suy (giá trị  $y$  bằng 0) chúng ta sẽ tính được quãng chạy của hạt alpha.

#### Quãng chạy:

Dánh giá kết quả: So sánh quãng chạy do được với giá trị lý thuyết. Đánh giá độ

**CHUẨN NĂNG LƯỢNG VÀ HIỆU SUẤT  
CHO HỆ PHỐ KÉ ALPHA**

CBPT: Lê Công Hào

Nguyễn Hoàng Anh

#### 10.1. Mục đích

Bài thực này cung cấp học viên khả năng vận hành hệ phân tích Alpha, chuẩn năng lượng bằng và hiệu suất cho hệ phổ kế alpha bằng nguồn phóng xạ mixed ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  và  $^{241}\text{Am}$ ) sử dụng phần mềm phân tích phổ Alpha.

#### 10.2. Nguyên tắc

Mỗi hạt alpha đi vào detector sẽ cho ra một xung điện thế, xung này có biên độ tỷ lệ với năng lượng bỏ ra của hạt trong vùng nhạy. Sau khi qua tiền khuỷch đại và khuỷch đại đến bộ đếm MCA, các xung có biên độ khác nhau sẽ được sắp xếp vào các kênh khác nhau, xung có biên độ cao hơn sẽ được xếp vào vị trí kênh cao hơn. Vì vậy có sự tỷ lệ giữa vị trí kênh với năng lượng của hạt alpha. Nên khi ghi nhận phóng xạ alpha cần thiết lập quan hệ giữa vị trí kênh với năng lượng của nó và công việc này gọi là chuẩn năng lượng theo vị trí kênh. Ta có thể thực hiện chuẩn năng lượng theo kênh bằng cách fit theo bình phương tối thiểu hoặc dùng phần mềm Genie 2000 để thực hiện.

Các thao tác của quá trình đo, phân tích và xử lí, với việc do bằng hệ Alpha Analyst chủ yếu thực hiện trên máy tính qua phần mềm ứng dụng: Genie-2000 Alpha Acquisition & Analysis. Ngoài việc đưa mẫu vào ra thì trên hệ đo này không có bất kỳ một nút điều khiển nào cả.

Về cơ bản giữa năng lượng và số kênh có mối liên hệ tuyến tính thông qua biểu thức  $E = a.C + b$

Trong đó  $E$  là năng lượng và,  $a$ ;  $b$  là các hằng số và  $C$  là số kênh tương ứng

Việc chuẩn mực hay nói khác đi tìm ra mối liên hệ giữa năng lượng và số kênh là điều cực kỳ quan trọng trong phép đo đạt bằng phổ kế hạt nhân

### 10.3. Thực hành

#### 10.3.1. Các thông tin về nguồn chuẩn

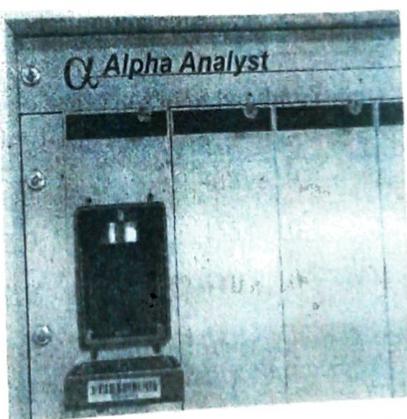
Nguồn được dùng trong việc chuẩn mực là nguồn chuẩn gồm 4 đồng vị phát hạt alpha  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  và  $^{241}\text{Am}$ . Các đồng vị này được mạ điện phân lên đĩa thép sạch có bán kính vùng hoạt là 12.05 mm và bè dày 0.65 mm.

**Bảng 10.1.** Các thông số của bộ nguồn chuẩn

| Đồng vị           | Hoạt độ<br>(dpm) | Thời gian bán hủy (năm) | Dãy năng lượng<br>(KeV) |
|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| $^{238}\text{U}$  | $98,3 \pm 2,0$   | $4,468 \times 10^9$     | 3900 – 4290             |
| $^{234}\text{U}$  | $96,7 \pm 2,0$   | $2,455 \times 10^5$     | 4580 – 4860             |
| $^{239}\text{Pu}$ | $97,3 \pm 2,0$   | $2,410 \times 10^4$     | 4950 – 5240             |
| $^{241}\text{Am}$ | $93,6 \pm 2,0$   | $4,322 \times 10^2$     | 5275 – 6690             |

#### 10.3.2. Các thao tác vận hành máy

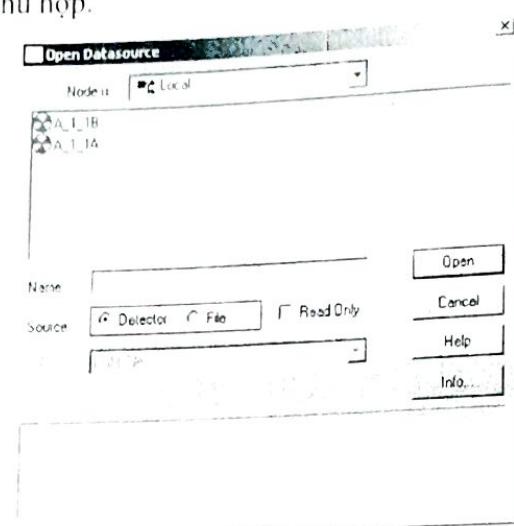
- Đặt mẫu phân tích vào buồng đo và đóng lại như hình 1 (thời gian đo 300s)



**Hình 10.1.** Thao tác đặt mẫu vào buồng đo.

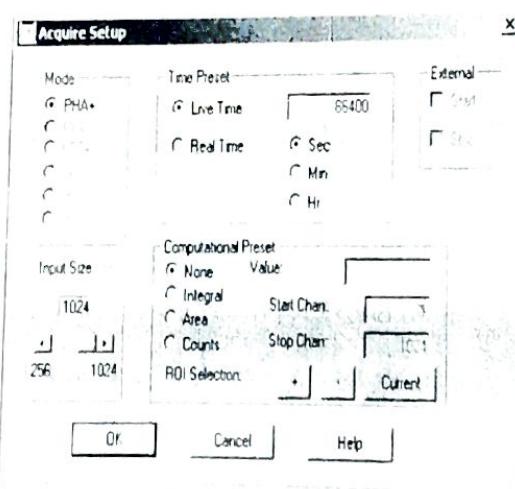
- Vào phần mềm Alpha Acquisition & Analyst. Chọn *Open Datasource* trong trình đơn *A*, chương trình sẽ xuất hiện hộp thoại gồm hai Detector. Click vào Detector *A-1-1-File*, chương trình sẽ mở như hình 2.
- Cài đặt thời gian đo
- + Chọn menu *MCA* (menu này chỉ được dùng khi chúng ta đã chọn mở detector) để khởi động, cài đặt và thực hiện hệ điện tử MCA.

- + Sau đó chọn *Acquire Setup* chương trình sẽ cho ta hộp thoại giúp cho ta xác định và cài đặt các thông số phù hợp.



Hình 10.2. Thao tác mở detector alpha

- + Chọn *Time Preset* để cài đặt thời gian đo.



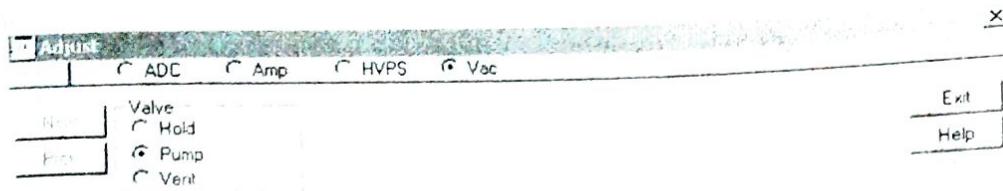
Hình 10.3. Thao tác cài đặt thông số về thời gian đo

- + Sau khi cài đặt xong chọn *OK* để kết thúc quá trình cài đặt.

Rút chân không: Chọn menu *MCA* -> *Vac* -> *Pump* để bắt đầu rút chân không sau đó vào *Exit* thoát ra.

Ta vào menu *MCA* -> *Status* để xem áp suất hiện tại, hộp thư thoại xuất hiện. Nhấn nút *Update* để xem giá trị hiện hành của áp suất trong bình chân không. Đến khi giá trị này đạt đến giá trị đòi hỏi *Acquire on* (0,5 torr) nhấn *OK* để thoát.

Nhấn *Start* để bắt đầu đo.



**Hình 10.4.** Thao tác điều khiển việc rút chân không buồng do

### 10.3.3. Chuẩn năng lượng theo vị trí kênh với bộ nguồn chuẩn

Ta tiến hành đo với hệ alpha và hút chân không tới mức thấp nhất sao cho năng lượng hạt alpha không bị suy giảm và năng lượng chỉ mất trong lớp chét và vùng nghèo của detector. Từ những yêu cầu đó ta cài đặt các thông số chuẩn của hệ đo như sau:

- Điện thế phân cực 40 V
- Đặt nguồn cách detector 3,3 cm
- Thời gian đo 1800s đối với nguồn chuẩn
- Vacuum 0,01 Torr
- Nhiệt độ phòng 17°C.

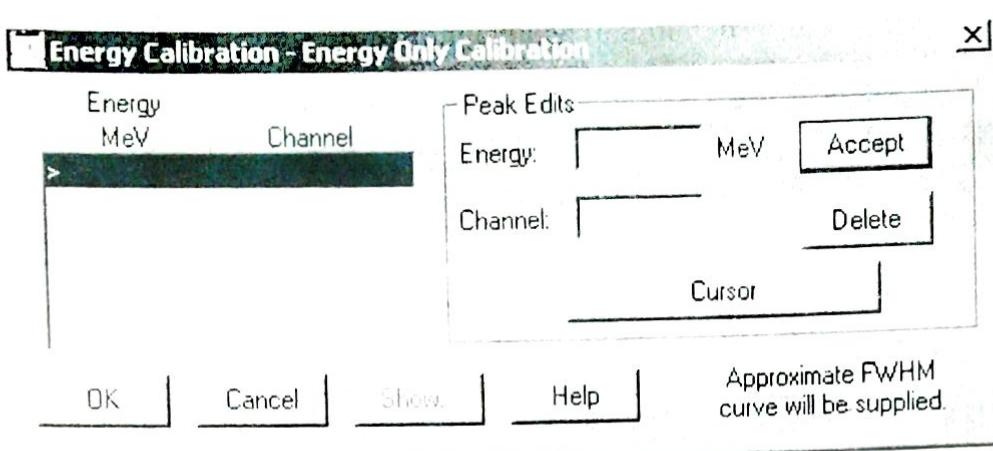
Các vị trí kênh thu được tương ứng với các định ghi trong bảng 2. Sau đó dùng phần mềm Genie 2000 để xác định đường chuẩn năng lượng theo vị trí kênh của định. Ta chuẩn năng lượng trực tiếp trên phần mềm Genie 2000 để thu được đường chuẩn năng lượng theo kênh. Cách chuẩn như sau:

- Từ thanh công cụ vào *Calibrate-> Setup*, sau đó cài đặt năng lượng là MeV hoặc keV.

**Bảng 10.2.** Các giá trị ví dụ lập đường chuẩn năng lượng đối với bộ nguồn chuẩn

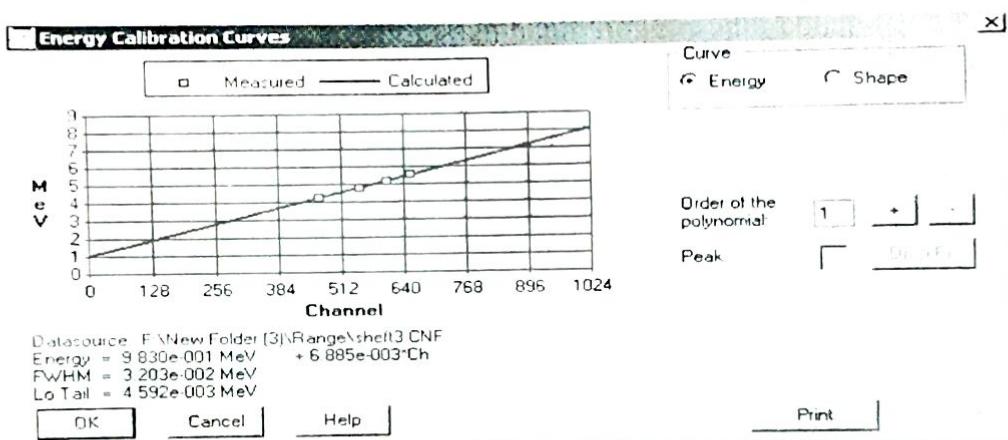
| Năng lượng định (MeV) | Vị trí kênh |
|-----------------------|-------------|
| 4,18                  | 465,06      |
| 4,76                  | 548,91      |
| 5,15                  | 604,53      |
| 5,48                  | 653,46      |

- Vào *Calibrate->Energy Only Calibration*, ta nhập vào các giá trị kênh tương ứng với năng lượng sau đó nhấn *OK* để hoàn tất.



Hình 10.5. Thao tác chuẩn năng lượng theo số kênh

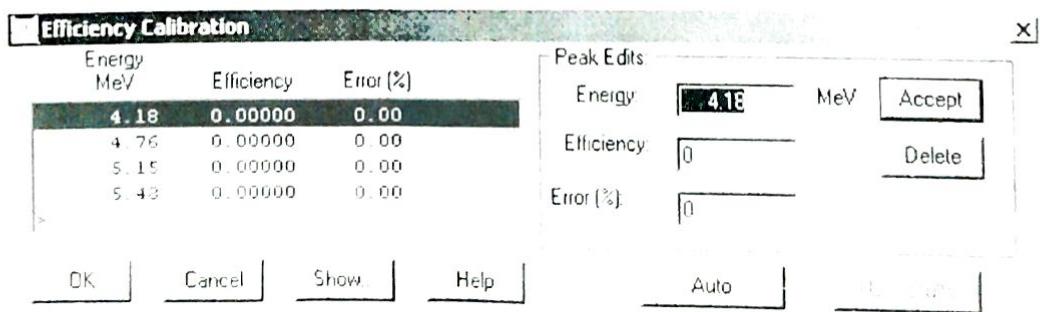
Vào Calibrate-> Energy Show, chương trình sẽ đưa ra hộp thoại bao gồm thông tin đầy đủ đồ thị và phương trình đường chuẩn như hình 6



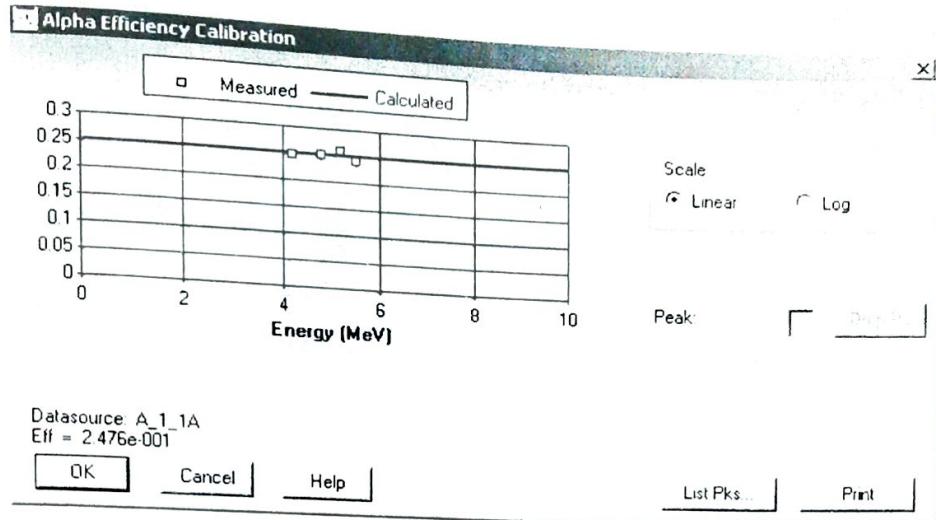
Hình 10.6. Thông tin phương trình đường chuẩn năng lượng và đồ thị đường chuẩn

#### 10.3.4. Chuẩn hiệu suất với bộ nguồn chuẩn

Việc chuẩn hiệu suất cũng được tiến hành tương tự như chuẩn năng lượng theo số kênh. Như vậy, sau khi thực hiện đầy đủ các bước, chúng ta sẽ có được thông tin đầy đủ của việc chuẩn hiệu suất như hình 7 và hình 8.



Hình 10.7. Thao tác nhập các thông số chuẩn cho việc chuẩn hiệu suất ghi của detector



**Hình 10.8.** Thông tin phương trình đường chuẩn hiệu suất và đồ thị đường chuẩn

Hình 10.9 minh họa phổ alpha thu được từ việc đo nguồn chuẩn chứa bốn đồng vị  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  và  $^{241}\text{Am}$ . Hầu hết các đỉnh phổ năng lượng thu được có độ phân giải năng lượng FWHM xấp xỉ 37 keV.



**Hình 10.9.** Phổ alpha của việc chuẩn máy bằng bộ nguồn chuẩn gồm 4 đồng vị  
Sinh viên áp dụng thí nghiệm với nguồn phóng xạ  $^{241}\text{Am}$ .

#### 10.4. Báo cáo kết quả

Sinh viên thực hiện các thao tác thí nghiệm với bộ nguồn chuẩn, sau đó viết bang báo cáo:

1. Năng lượng định và vị trí kênh.
2. Phương trình đường chuẩn năng lượng (sử dụng phương pháp fit bình phương tối thiểu để đối chiếu cho sánh).
3. Tính hiệu suất ghi nhận của đầu dò ở một khoảng cách nhất định.
4. Báo cáo kết quả từ bước 1 đến 3 đối với nguồn phóng xạ  $^{241}\text{Am}$ .
5. Giải thích vì sao hiệu suất ghi nhận tất cả các định năng lượng của DET là gần giống nhau.

#### Tài liệu tham khảo:

- [1] Canberra (2001). *Model S570 Genie-2000 Alpha Analyst. User's Manual* 9231047D, Canberra Industries, Inc.
- [2] Lê Công Hào (2013), *Nghiên cứu xác định hàm lượng phóng xạ một số nguyên tố nặng trong mẫu môi trường bằng phương pháp phổ Alpha*, Luận án Tiến sĩ Vật lý, Trường đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.