

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
VIỆN NĂNG LƯỢNG NGUYÊN TỬ VIỆT NAM

Nguyễn Xuân Hải

**ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP CỘNG BIÊN ĐỘ
CÁC XUNG TRÙNG PHÙNG NGHIÊN CỨU
PHÂN RÃ GAMMA NỘI TẦNG CỦA Yb VÀ Sm TRÊN LÒ PHẢN
ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT**

Chuyên ngành: Vật lý Nguyên tử và Hạt nhân
Mã số: 62 44 05 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ VẬT LÝ

Công trình được hoàn thành tại: Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học:

Vương Hữu Tấn, PGS, TS

Phạm Đình Khang, TS

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp nhà nước họp

tại.....vào hồi giờ

ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:.....

.....

Các công trình làm cơ sở cho luận án

Công bố trong nước:

1. Nguyễn Xuân Hải, Vương Hữu Tấn, Phạm Đình Khang và Nguyễn Đức Tuấn, *Một số kết quả bước đầu nghiên cứu cấu trúc hạt nhân bằng phương pháp cộng biên độ các xung trùng phùng tại lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt*, Hội nghị Vật lý toàn quốc lần thứ VI, Hà Nội, 23-25/11/2005, (287-291).
2. Nguyễn Xuân Hải, Vương Hữu Tấn, Phạm Đình Khang, *Hệ thống thu thập dữ liệu mới cho nghiên cứu phản ứng $(n,2\gamma)$ tại lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt*, Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VI, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2006, (41-45).
3. Nguyễn Xuân Hải, Vương Hữu Tấn, Phạm Đình Khang, Nguyễn Đức Tuấn, *Thiết kế và chế tạo card MPA cho việc nghiên cứu phản ứng $(n,2\gamma)$ tại lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt*, Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VI, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2006, (184-188).
4. Nguyễn Xuân Hải, Phạm Đình Khang, Vương Hữu Tấn, Trần Tuấn Anh, Hồ Hữu Thắng, Nguyễn Cảnh Hải, Nguyễn Nhị Điền, *Một số kết quả sử dụng hệ đo cộng biên độ các xung trùng phùng trên kênh neutron số 3 của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt với phản ứng $^{35}\text{Cl}(n,2\gamma)^{36}\text{Cl}$* , Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VI, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2006, (156-159).
5. Nguyễn Xuân Hải, *Hệ đo cộng biên độ các xung trùng phùng tại Đà Lạt, triển vọng và ứng dụng*, Kỷ yếu Khoa học Trường Đại học Đà Lạt, 2005, (76-80).
6. Nguyễn Xuân Hải, Vương Hữu Tấn, Phạm Đình Khang, *Nghiên cứu phổ bức xạ gamma nối tầng của ^{153}Sm và ^{172}Yb trong phản ứng bắt neutron nhiệt*, Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VII, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2008, (66-70).
7. Nguyễn Xuân Hải, Phạm Đình Khang và các cộng sự, *Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị thu nhận số liệu cho hệ phổ kế cộng biên độ các xung trùng phùng*, Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ VII, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2008, (234-238).
8. Nguyễn Xuân Hải, Hồ Hữu Thắng, Trần Tuấn Anh, Nguyễn Kiên Cường, *Ứng dụng mcnp4c2 xác định cấu hình che chắn tối ưu cho hệ phổ kế cộng biên độ các xung trùng phùng*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ Hạt nhân toàn quốc lần thứ VII, Đà Nẵng, 30-31/08/2007.
9. Nguyen Xuan Hai, Pham Dinh Khang, Vuong Huu Tan, Pham Ngoc Son, Tran Tuan Anh, *Development of the computer code for processing measured*

data from the SACP spectrometer, Conference on Science and Nuclear Technology, Dalat 26-27/10/2005.

Công bố quốc tế:

1. Nguyen Xuan Hai, Pham Dinh Khang, Vuong Huu Tan, Ho Huu Thang, Sukhovej A.M. and Khitrov V.A., *The Initial Results of Research on Two-step Cascades in The Dalat Research Reactor*, ISINN-14, May 25-28, 2006, Dubna, (274-278).
2. Pham Dinh Khang, Vuong Huu Tan, Nguyen Xuan Hai, Nguyen Duc Tuan, Sukhovej A.M., and Khitrov V.A., *New Facility for the $(n,2\gamma)$ Reaction Investigation at the Dalat Reactor*, ISINN-14, May 25-28, 2006, Dubna, (279-283).

Các công bố có nội dung liên quan đến luận án

1. Khitrov V. A., Sukhovoij A. M., Pham Dinh Khang, Vo Thi Anh, Vuong Huu Tan, Nguyen Canh Hai and Nguyen Xuan Hai, *Information Possibilities of Experimental Investigation of the Cascade γ -Decay of Heavy Compound Nuclei*, ISINN-10 Dubna 2003, (142-155).
2. V.A. Khitrov, A.M. Sukhovoij, Pham Dinh Khang, Vo Thi Anh, Vuong Huu Tan, Nguyen Canh Hai and Nguyen Xuan Hai, *Some Problems of Extracting Level Density and Radiative Strength Functions from the γ Spectra in Nuclear Reactions*, JINR Preprint E3-2003-7, Dubna, 7 p.
3. Khitrov V.A., Sukhovoij A.M., Pham Dinh Khang, Vuong Huu Tan, Nguyen Xuan Hai, *Level Density and Radiative Strength Functions of Dipole γ -Transitions in ^{139}Ba and ^{165}Dy* , ISINN-13 Dubna 2006, (41-47).
4. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Li Chol, Pham Dinh Khang, Nguyen Xuan Hai, Vuong Huu Tan, *Some Problems in Determining Level Density and Radiative Strength Functions in Light and Near-Magic Nuclei*, ISINN-13 Dubna 2006, (56-63).
5. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Pham Dinh Khang, Vuong Huu Tan, Nguyen Xuan Hai, *Level Density and Radiative Strength Functions in Light and Near-Magic Nuclei: ^{60}Co as an Example of Method for Determination and Their Reliability Verification*, ISINN-13 Dubna 2006, (64-71).
6. Sukhovoij A.M., Khitrov V.A., Li Chol, Pham Dinh Khang, Vuong Huu Tan, Nguyen Xuan Hai, *The Probable Level Densities and Radiative Strength Functions of Dipole Gamma-Transitions in ^{57}Fe Compound Nucleus*, ISINN-13 Dubna 2006, (72-82).

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết, ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Mật độ mức hạt nhân là một trong những vấn đề vẫn còn cần được tiếp tục nghiên cứu. Sự thay đổi mật độ mức hạt nhân do tác động của các hiệu ứng khác nhau thông qua các tham số mật độ mức là quá trình phức tạp và cần phải tiến hành nhiều thí nghiệm có độ chính xác cao để làm cơ sở cho việc đánh giá, hiệu chỉnh lại các tham số cũng như các mô hình lý thuyết. Các nghiên cứu mật độ mức kích thích vùng năng lượng trung gian nằm dưới năng lượng liên kết của neutron với hạt nhân có khá nhiều ý nghĩa vì nó liên quan trực tiếp đến số liệu sử dụng cho tính toán và thiết kế lò phản ứng. Các nghiên cứu này thường gặp khó khăn do nền phong tán xạ Compton lớn và không thể xác định được thứ tự các chuyển dời gamma khi chỉ dựa trên các hệ phổ kế đơn tinh thể.

- Lò phản ứng Hạt nhân Đà Lạt (LPUHNDL) đã được đưa vào vận hành khai thác hơn 20 năm, việc nâng cao hiệu quả khai thác các kênh ngang của lò trong nghiên cứu cơ bản, đào tạo đội ngũ và nghiên cứu ứng dụng là cần thiết để phục vụ cho việc xây dựng lò phản ứng nghiên cứu mới cũng như chương trình ứng dụng năng lượng nguyên tử vì mục đích hoà bình của đất nước.

- Phương pháp cộng biên độ các xung trùng phùng (SACP), là một phương pháp ghi đo hiện đại sử dụng trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng. Các nghiên cứu phân rã gamma nối tầng đòi hỏi phải triển khai phương pháp SACP để nâng cao độ chính xác của số liệu. Đây sẽ là cơ sở để thiết kế, lắp đặt các hệ đo phức tạp sử dụng nhiều detector trong tương lai.

- Triển khai các nghiên cứu thực nghiệm có độ phức tạp cao có tác dụng thúc đẩy sự phát triển của công nghệ, đặc biệt là lĩnh vực chế tạo các thiết bị điện tử hạt nhân trong nước. Sự thành công của đề tài cho thấy đội ngũ nghiên cứu trong nước đã có khả năng tự thiết kế, tiến hành những thí nghiệm có độ chính xác và phức tạp cao.

2. Mục tiêu và nội dung của luận án

Mục tiêu của luận án là triển khai và ứng dụng phương pháp SACP trong nghiên cứu phân rã gamma nối tầng trên kênh ngang của lò phản ứng, khắc phục những hạn chế của các phương pháp đo ghi truyền thống. Các công việc và nội dung cụ thể của luận án như sau:

Về kênh chiếu mẫu: Nghiên cứu và chọn giải pháp tối ưu để nâng cao tỷ số cadmi của chùm neutron trên kênh số 3 từ 200 lên khoảng 1000, thiết kế chế tạo hệ thống giá đỡ, che chắn giảm phong cho phổ kế SACP.

Về hệ đo: Thiết kế, lắp đặt, hiệu chỉnh và thử nghiệm hệ đo trùng phùng với một số cấu hình khác nhau trên kênh neutron số 3 để thu các thông số của hệ đo làm cơ sở cho các nghiên cứu thực nghiệm.

Về đối tượng nghiên cứu: Sử dụng hệ đo tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm trên kênh để thu thập số liệu phân rã gamma nối tầng của các hạt nhân ^{153}Sm và ^{172}Yb trong các phản ứng của $^{152}\text{Sm}(n,2\gamma)^{153}\text{Sm}$ và $^{171}\text{Yb}(n,2\gamma)^{172}\text{Yb}$ với các neutron nhiệt.

Về xử lý số liệu: Xây dựng các chương trình thu nhận và xử lý số liệu chạy trên môi trường Windows theo các thuật toán của phương pháp gồm: chương trình thu nhận và lưu trữ số liệu đo, chương trình chuẩn năng lượng của các cặp sự kiện trùng phùng sử dụng giao diện đồ họa, chương trình tạo các phổ tổng và phổ nối tầng bậc hai tương ứng với từng đỉnh tổng, chương trình tính mật độ mức, cường độ phân rã,... Xử lý số liệu đo của ^{153}Sm và ^{172}Yb nhằm thu được các thông tin thực nghiệm như mật độ mức, cường độ dịch chuyển, sơ đồ phân rã làm cơ sở cho các đánh giá lý thuyết số liệu và cấu trúc hạt nhân.

3. Bố cục của luận án

Cấu trúc của luận án gồm phần Mở đầu, ba chương chính và Kết luận. Trong đó:

Chương 1 trình bày tổng quan về các hệ phổ kế ghi đo γ và một số mẫu lý thuyết về cấu trúc hạt nhân.

Chương 2 trình bày về sự phát triển phương pháp thực nghiệm nghiên cứu cấu trúc hạt nhân trên LPUHNĐL.

Chương 3 trình bày về kết quả nghiên cứu cấu trúc hạt nhân Yb và Sm sử dụng hệ phổ kế SACP trên LPUHNĐL.

4. Những đóng góp mới của luận án

- Khẳng định sự triển khai thành công phương pháp SACP trong các nghiên cứu trên kênh neutron của lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt.

- Đã thiết kế và lắp đặt thành công sơ đồ hệ đo SACP sử dụng TAC. Xây dựng được hệ che chắn và dẫn dòng có kích thước nhỏ gọn, di chuyển dễ dàng, thông thấp. Hệ che chắn cho phép bố trí các detector ở khoảng cách rất gần với chùm neutron và mẫu. Đây là thành công lớn trong kỹ thuật che chắn và bố trí hệ đo trên chùm neutron.

- Xây dựng được các chương trình xử lý số liệu chạy trên môi trường Windows.

- Lần đầu tiên thu thập các số liệu phân rã gamma nối tầng của các hạt nhân ^{153}Sm và ^{172}Yb trên chùm neutron nhiệt của LPUHNĐL. Xử lý và mô tả mật độ mức của hai hạt nhân này dựa trên mẫu khí Fermi có dịch chuyển ngược.

- Đã đưa ra phương án xây dựng hệ đo với nhiều detector và phương pháp xử lý trùng phùng sau để khai thác các tính năng của kỹ thuật xử lý tín hiệu số và sự phát triển của công nghệ máy tính.

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

I. 1. Phương pháp nghiên cứu cấu trúc hạt nhân dựa trên phản ứng (n, γ)

Nhờ tính chất không mang điện nên neutron dễ gây phản ứng hạt nhân. Tùy theo năng lượng của neutron đến và loại hạt nhân bia mà sản phẩm phản ứng có thể khác nhau. Trong đa số trường hợp, hạt nhân sẽ phân rã gamma sau khi bị kích thích để về trạng thái cơ bản. Việc ghi đo bức xạ gamma đưa lại nhiều thông tin về cấu trúc hạt nhân nhất trong các phương pháp nghiên cứu. Các phản ứng (n, γ) được nghiên cứu khá phổ biến không chỉ vì vấn đề cấu trúc hạt nhân mà còn vì tính ứng dụng của nó trong các lò phản ứng hạt nhân, trong phân tích kích hoạt, trong nghiên cứu vật liệu,...

Xác định năng lượng, cường độ của các tia gamma phát ra, ta có thể biết được thông tin về các trạng thái kích thích như năng lượng, độ rộng mức, xác suất tạo thành và phân rã về các mức thấp hơn. Các thông tin thực nghiệm là cơ sở để đánh giá, kiểm chứng lại các mẫu lý thuyết về số liệu và cấu trúc hạt nhân.

Hiện nay các nghiên cứu số liệu và cấu trúc hạt nhân dựa trên phản ứng (n, γ) chủ yếu được tiến hành trên lò phản ứng hạt nhân và trên một số máy gia tốc. Có thể chia vấn đề thành hai hướng:

- Hướng tính toán lý thuyết: tổ chức biên tập, đánh giá lại số liệu phản ứng, đánh giá kiểm chứng và phát triển các mô hình lý thuyết để mô tả tiết diện phản ứng, mật độ mức, độ rộng mức, hàm lực phân rã gamma,...
- Hướng thực nghiệm: tiến hành đo đạc thực nghiệm trên các chùm neutron có năng lượng khác nhau, trên các bia mẫu để xác định năng lượng, cường độ và thời gian sống của các trạng thái kích thích với độ chính xác tốt nhất có thể.

I.2. Phương pháp cộng biên độ các xung trùng phùng

Cơ sở của phương pháp SACP là ở chỗ các detector HPGe biến đổi tuyến tính năng lượng bức xạ gamma thành biên độ tín hiệu đo, tổng năng lượng E_1 và E_2 của hai dịch chuyển gamma liên tiếp $E_1 + E_2 = E_i - E_f$ được xác định chỉ bởi các năng lượng E_i và E_f của mức phân rã (i) và mức tạo thành sau dịch chuyển nối tầng hai gamma (f), nó không phụ thuộc vào năng lượng của trạng thái kích thích trung gian. Khi đó, các trường hợp dịch chuyển nối tầng mà xảy ra sự hấp thụ đồng thời toàn bộ năng lượng hai tia gamma ở cả hai detector sẽ dẫn đến xuất hiện các đỉnh trong phổ tổng biên độ các xung trùng phùng. Sự hấp thụ không hoàn toàn năng lượng dù là của một trong các lượng tử gamma sẽ đóng góp vào phổ biên độ ở miền năng lượng thấp hơn đỉnh tổng và có phân bố liên tục. Vì vậy, ta có thể dễ dàng tách ra từ tập hợp các trùng phùng γ - γ chỉ những trường hợp khi mà toàn bộ năng lượng của

dịch chuyển nổi tầng bị hấp thụ hoàn toàn trong hai detector. Mặc dù xác suất trùng phùng và cường độ bức xạ của những trường hợp trùng phùng như vậy là nhỏ (thường chỉ xảy ra không lớn hơn 10 sự kiện trong 10^4 phân rã), nhưng nhờ khả năng loại trừ phông liên quan với sự hấp thụ không hoàn toàn năng lượng bức xạ gamma đã đảm bảo cho phương pháp SACP thu được nhiều thông tin hơn phương pháp thông thường.

Điểm mới nữa về nguyên tắc trong việc sử dụng phương pháp SACP là ở chỗ các detector bán dẫn có độ phân giải tốt và hiệu suất ghi lớn, đã được sử dụng để tách ra các dịch chuyển nổi tầng hai gamma, với năng lượng tổng cộng bằng hoặc nhỏ hơn năng lượng liên kết neutron trong các hạt nhân hợp phần có mật độ mức lớn. Các giá trị code được lưu trữ và xử lý trên máy tính rất thuận tiện.

Việc sắp xếp các chuyển dời vào sơ đồ mức của phương pháp SACP dựa trên nguyên tắc là các chuyển dời có mặt trong các phổ vi phân khác nhau là chuyển dời sơ cấp, còn chuyển dời cùng cấp với nó là chuyển dời thứ cấp. Trong phương pháp SACP, không sử dụng đến nguyên tắc Ritz để sắp xếp các chuyển dời (xây dựng sơ đồ mức).

Từ các số liệu đo của phương pháp SACP, có thể xây dựng được các sơ đồ phân rã gamma tin cậy nhất. Tuy nhiên vấn đề trở ngại ở đây là sai số hệ thống có thể làm sai khác cường độ dịch chuyển nổi tầng. Sai số về năng lượng của các chuyển dời có thể làm cho việc sắp xếp các chuyển dời gặp khó khăn và vấn đề này được giải quyết bằng máy tính.

I.3. Mật độ mức

Để làm cơ sở cho các phân tích, đánh giá số liệu thực nghiệm, một số tóm tắt về tình hình nghiên cứu mật độ mức đã được đề cập. Hạn chế lớn trong nghiên cứu các mẫu lý thuyết là số liệu thực nghiệm về mật độ mức chỉ chiếm một dải năng lượng hẹp và bị tác động bởi các sai số hệ thống. Tham số mật độ mức a phụ thuộc vào khá nhiều vào cấu trúc của hạt nhân và năng lượng kích thích. Giá trị của tham số này hiện nay chủ yếu được xác định từ số liệu thực nghiệm.

I.3.1. Mô tả mật độ mức

Mật độ mức được ký hiệu bằng ρ và được định nghĩa:

$$\rho(U) = \frac{d}{dU} N(U) \quad (2)$$

Trong đó $N(U)$ là số các mức kích thích trong khoảng năng lượng U . Giá trị mật độ mức có phụ thuộc spin được gọi là mật độ mức riêng phần. Mật độ mức được xác định từ thực nghiệm hoặc tính toán lý thuyết.

Qui luật chung của mật độ mức là phụ thuộc năng lượng theo dạng hàm mũ. Ngoài sự phụ thuộc này, với các hạt nhân khác nhau, mật độ mức còn phụ

thuộc vào số khối A và chịu sự tác động của cấu trúc hạt nhân. Ví dụ tại các giá trị $A \approx 60$, $A \approx 90$, $A \approx 120$ và $A \approx 210$, thực nghiệm đã chỉ ra rằng số mức kích thích quan sát được giảm. Sự giảm giá trị mật độ mức tại các điểm khối lượng này được giải thích là do tác động của sự phân lớp và do đặc trưng của các số magic.

Trong khuôn khổ luận án, mật độ mức riêng phần có $J=I_0 \pm 1/2$ đối với các hạt nhân bia có spin khác không, và $J=1/2$ đối với các hạt nhân bia có spin bằng không đã được ứng dụng để phân tích kết quả thực nghiệm.

I.3.2. Mô tả mật độ mức theo mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược

Các tính toán mật độ mức trong luận án chủ yếu dựa trên công thức:

$$\rho(U, J) = \frac{2J+1}{24\sqrt{2}\sigma^3 a^{1/4} (U - \Delta + t)^{5/4}} \exp \left[2\sqrt{a(U - \Delta)} - \frac{J(J+1)}{2\sigma^2} \right] \quad (3)$$

Trong đó: a là tham số mật độ mức, Δ là năng lượng dịch chuyển ngược, U là năng lượng kích thích, t là nhiệt độ hạt nhân, σ là tham số phụ thuộc spin, J là spin của trạng thái.

Ngoài ra, trong luận án cũng đã tiến hành tìm hiểu và trình bày một số các phương pháp xác định mật độ mức khác như: *phương pháp nhiệt độ không đổi*, *phương pháp kết hợp Gilbert-Cameron*, *phương pháp Ignatyuk* và *cải tiến của phương pháp này*.

I.4. Kết luận

Chương này trình bày một số vấn đề về nghiên cứu số liệu và cấu trúc hạt nhân dựa trên phản ứng (n, γ) như:

- Các ưu và nhược điểm của một số hệ đo thực nghiệm trong nghiên cứu phản ứng (n, γ) .
- Việc sử dụng phương pháp cộng biên độ các xung trùng phùng.
- Sau khi xem xét các nội dung chính của các mẫu lý thuyết để lựa chọn áp dụng vào thực nghiệm, nghiên cứu sinh và các cán bộ hướng dẫn đã lựa chọn mẫu khí Fermi có dịch chuyển ngược có tính đến bổ chính lớp để làm khớp với số liệu thực nghiệm của luận án. Đồng thời, việc phân tích sự phù hợp giữa số liệu của các phòng thí nghiệm khác với lý thuyết cũng được thực hiện.

CHƯƠNG II. PHÁT TRIỂN PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC HẠT NHÂN TRÊN Lò PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

II.1. Nâng cao chất lượng của chùm neutron

II.1.2. Các khối chuẩn trực và hệ thống đóng mở kênh

Các khối chuẩn trực được chế tạo gồm hai loại có lỗ với đường kính 8 mm và 10 mm, bằng các vật liệu có tiết diện hấp thụ neutron lớn, dễ gia công như B, Paraphin, Li, Cd..., ngoài ra còn có các khối chuẩn trực bằng chì để giảm các tác động của photon gamma từ phía lò đi vào các detector làm tăng trùng phùng γ - γ của photon, hoặc của mẫu với photon. Chùm neutron được đóng mở bằng bơm nước.

II.1.3. Hệ giá đỡ và che chắn bức xạ cho các detector

Để tối ưu không gian bố trí thí nghiệm, các detector được bố trí trên khung giá đỡ bằng thép, toàn bộ hệ thống có thể di chuyển trên hệ thống ray dẫn hướng song song với chùm neutron. Phần tinh thể và tiền khuếch đại của các detector được đặt trong các buồng chì kích thước 30cm \times 25cm \times 20cm, để giảm tác động của photon bức xạ gamma; để tránh ảnh hưởng của neutron tán xạ từ mẫu vào các detector, các vật liệu Li₂CO₃ (mật độ 1,4g/cm³) và B₄C được sử dụng để che chắn bổ sung ở bên ngoài buồng chì và phía mặt đối diện với mẫu của detector.

II.1.4. Các giá trị về thông lượng và suất liều

Giá trị thông lượng neutron đạt được tại vị trí đặt mẫu khoảng $1,02 \times 10^6$ n.cm⁻².s⁻¹, tỉ số Cd \sim 900 (sử dụng hộp Cd dày 1 mm) và kích thước đường kính chùm neutron tại vị trí mẫu vào khoảng 1,5 cm (được xác định bằng kỹ thuật chụp ảnh neutron).

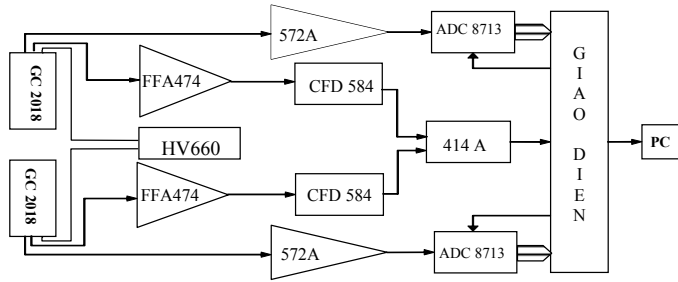
Suất liều ở các khu vực liên quan đến người làm thí nghiệm có giá trị từ 2÷20 μ Sv/h, giá trị này hoàn toàn chấp nhận được theo các tiêu chuẩn an toàn bức xạ hiện hành (TCVN 6866:2001) để có thể tiến hành đo đạc.

Giá trị tích phân của số đếm photon trong dải năng lượng từ 150 keV đến 10 MeV khi kênh mở và lò hoạt động ở công suất 500 kW có giá trị từ 300÷350 số đếm/ giây đối với mỗi kênh đo (A và B). Tốc độ trùng phùng của photon nhỏ hơn 0,5 sự kiện/ giây khi sử dụng TAC với dải 500 ns.

II.2. Xây dựng hệ phổ kế cộng biên độ các xung trùng phùng

Hai cấu hình của hệ phổ kế đã được lắp đặt thành công và cấu hình thứ ba đang được thử nghiệm.

II.2.1. Cấu hình thứ nhất của hệ phổ kế cộng biên độ các xung trùng phùng

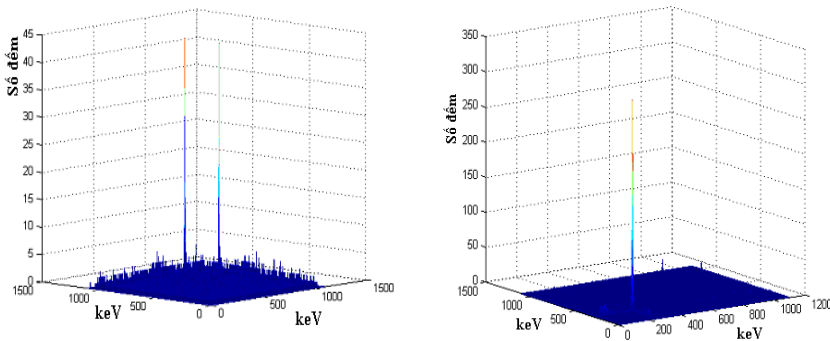


Hình 4. Cấu hình thứ nhất của hệ phổ kế.

Các thiết bị điện tử được sử dụng trong hệ đo gồm có: Hai detector GC 2018 của hãng Canberra; Hai khuếch đại phổ 572A của hãng Ortec; Hai ADC 8713 của hãng Canberra; Khối trùng phùng nhanh 414A của hãng Ortec; Hai khối khuếch đại nhanh 474 của hãng Ortec; Hai khối phân biệt ngưỡng nhanh 584 của hãng Ortec; Khối dây trễ; Khối cao thế 660 của hãng Ortec; Khối nguồn nuôi Model 4002D của hãng Ortec; Khối giao diện do nhóm nghiên cứu tự thiết kế chế tạo và máy tính Pentium IV.

Kết quả lắp đặt và kiểm tra:

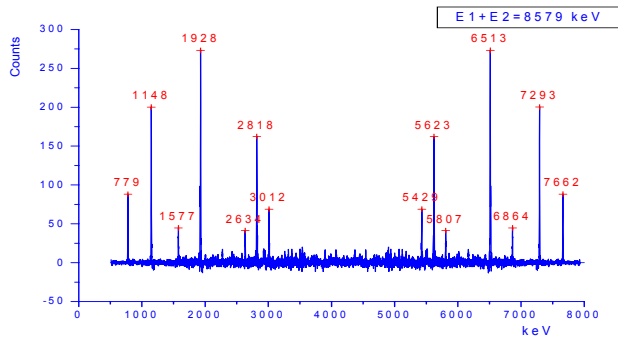
- Phổ đo với nguồn ^{60}Co chỉ có các trường hợp trùng phùng sau: 1173 keV trùng phùng với 1332 keV, 1173 keV trùng phùng với tán xạ compton của 1332 keV, 1332 keV trùng phùng với tán xạ compton của 1173 keV và các tán xạ compton của 1173 và 1332 keV trùng phùng.



Hình 5. Phổ trùng phùng “sự kiện-sự kiện” đo với nguồn ^{60}Co . **Hình 6.** Phổ trùng phùng “sự kiện-sự kiện” đo với nguồn ^{60}Co , ^{22}Na và ^{137}Cs .

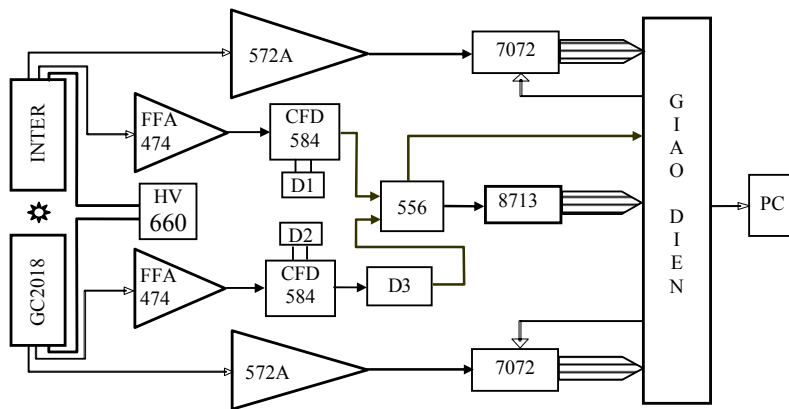
- Khả năng tác động của phong hoặc các phân rã gamma không nổi tăng được đánh giá bằng nguồn ^{137}Cs (~1000 kBq) và nguồn ^{22}Na (22 kBq) được đặt cùng với nguồn ^{60}Co . Kết quả thu được khẳng định hệ đo hoạt động đúng yêu cầu theo nguyên tắc thiết kế.

- Khả năng hoạt động trong tình trạng thực được kiểm tra bằng bia ^{35}Cl đo trên chùm neutron. Kết quả thu được cho thấy hệ hoạt động tốt.



Hình 7. Phổ gamma nổi tầng bậc hai của ^{36}Cl ứng với đỉnh tổng B_n .

II.2.2. Cấu hình thứ hai của hệ phổ kế cộng biên độ các xung trùng phùng



Hình 8. Cấu hình thứ hai của hệ phổ kế.

Trong đó: INTER: Detector của hãng Intertechnique, hiệu suất 20%, độ phân giải 1,8 keV tại đỉnh 1332,5 của ^{60}Co ; 7072 là ADC kiểu 7072 của hãng Fast comtec; 556: Khối TAC kiểu 556 của hãng Ortec; các khối khác tương tự như cấu hình thứ nhất.

Cấu hình này đã được đánh giá kiểm tra tương tự như với cấu hình thứ nhất. Độ phân giải thời gian của hệ đạt giá trị khoảng 14 nano giây.

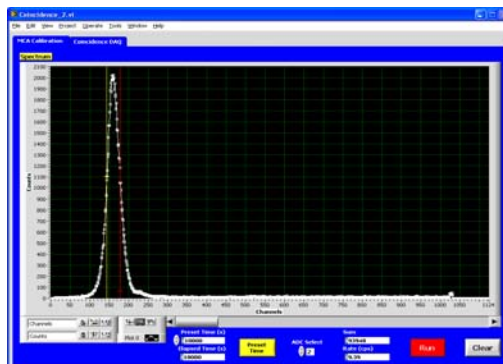
Bảng 1. Một số giá trị đặc trưng của hệ khi đo với nguồn đồng vị.

St t	Kênh A		Kênh B		T A C	A D C	T_d (giâ y)	Kết quả		
	FF A	CF D	FF A	C F D				cps	FW HM	P/ B
1	20× Ma x 20×	50 ns 1,2	2× Ma x 20×	50 ns 2,4	50 0n s	1k	500	16, 06	19,5 2ns	170 /3

	500		500							
2	20× Ma x 20× 500	20 ns 0,7	2× Ma x 20× 500	20 ns 1, 4	50 0ns s	1k	500	13, 76	17,0 8ns	150 /2
3	20× Ma x 20× 200	22 ns 0,6	2× Ma x 20× 200	22 ns 1, 2	50 0ns s	1k	600	12, 28	18,0 ns	160 /2
4	20× Ma x 20× 500	20 ns 1,0	2× Ma x 20× 500	20 ns 2, 0	50 0ns s	1k	500	19, 71	13,6 ns	600 /2
5	20× Ma x 20× 500	65 ns 3,0	2× Ma x 20× 500	65 ns 6, 0	50 0ns s	1k	500	31, 09	20,5 8ns	625 /2
6	20× Ma x 20× 500	20 ns 1,0	2× Ma x 20× 500	20 ns 2, 0	50 0ns s	1k	100 0	19, 27	14,7 ns	115 0/5

Ghi chú: FFA: các tham số của khuếch đại lọc lựa thời gian nhanh; CFD: các tham số được chọn cho khối phân biệt ngưỡng nhanh; TAC: giá trị toàn dải của TAC; ADC: giá trị dải đo của ADC phân tích thời gian; T_d : thời gian đo; cps: tốc độ đếm; FWHM: độ phân giải; P/B: tỉ số giữa độ cao đỉnh và chân đỉnh.

So sánh hai đỉnh tổng ở năng lượng B_n của ^{36}Cl khi xử lý trên cùng một dung lượng số liệu như nhau ứng với hai cấu hình đo thì tỉ số độ cao của đỉnh/chân đỉnh trong



cấu hình thứ hai hơn **Hình 9.** Phổ biên độ từ TAC của hệ khi đo với nguồn ^{60}Co , FWHM diện tích đỉnh/phông =14,7 ns.

trong cấu hình thứ hai cao hơn 1,29 lần so với cấu hình thứ nhất.

II.2.3. Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến kết quả đo

Sự phụ thuộc của vấn đề phông và phương pháp xử lý:

Bảng 2: Sự phụ thuộc của diện tích đỉnh vào cách tạo và xử lý phổ nổi tầng bậc hai.

Đỉnh năng lượng	Trường hợp 1	Trường hợp 2	Trường hợp 3	Trường hợp 4
1600	0,96	0,99	1,04	1,08
1957	0,99	0,97	1,15	1,13
2035	1,00	0,89	1,45	1,28
2155	1,15	0,82	0,93	0,67
2197	1,00	0,83	1,53	1,26
2310	0,99	0,87	1,17	1,03
2393	0,84	1,05	1,52	1,90
2467	1,13	0,95	1,04	0,87
2677	0,96	1,00	1,10	1,15
2845	0,85	0,98	0,35	0,41
2869	0,98	0,97	1,06	1,06
2975	0,95	1,01	1,48	1,58
2996	0,95	1,10	1,29	1,48
3062	1,00	1,01	1,07	1,09

Ghi chú: Trường hợp 1: tỉ số diện tích của các đỉnh giữa hai phổ nổi tầng tính với độ rộng 36 và 44 kênh theo phương pháp trừ phông; Trường hợp 2: tỉ số diện tích của các đỉnh giữa hai phổ nổi tầng tính với độ rộng 36 và 44 kênh theo phương pháp không trừ phông; Trường hợp 3: tỉ số diện tích của các đỉnh giữa hai phổ nổi tầng tính với độ rộng 36 kênh theo hai phương pháp trừ phông/ không trừ phông; Trường hợp 4: tỉ số diện tích của các đỉnh giữa hai phổ nổi tầng tính với độ rộng 44 kênh theo hai phương pháp trừ phông/ không trừ phông.

Kết quả khảo sát cho thấy diện tích đỉnh phụ thuộc mạnh vào nền phông và số đếm thống kê của đỉnh, kết quả khác biệt lớn khi số đếm thống kê của đỉnh tổng thấp.

II. 3. Phát triển các chương trình xử lý

Để xử lý số liệu, chương trình xử lý mang tên Gacasd đã được viết. Các nút lệnh trên cửa sổ chính của chương trình gồm: *Merge files* để nối và chuyển đổi các tập tin số liệu đo; *Reduce and Filter* để lọc các cặp sự kiện trùng phùng theo các tham số giả định của hệ đo và chuyển đổi giữa các dải đo 4k, 8k hoặc 16k; *Calib* để tính các hệ số chuẩn năng lượng của từng kênh đo và chuẩn các cặp sự kiện trùng phùng; *D_Spec* để tạo phổ của từng kênh đo; *S_Spec* để tính phổ tổng; *3 Dim* để tính phổ ba chiều; *S_Diff* để tách các phổ gamma nối tầng bậc hai không loại bỏ các thành phần phông;

*S_Diff** để tách các phổ gamma nối tầng bậc hai có loại bỏ các thành phần phông; *Efdet* để hiệu chỉnh hiệu suất ghi cho các phổ gamma nối tầng bậc hai; *Display* để hiển thị và xử lý các loại phổ; *Second_T* để xác định phổ các chuyển dời gamma sơ cấp ứng với một chuyển dời gamma thứ cấp được chọn trước; *Ident* để sắp xếp các



Hình 3. Cửa sổ giao diện chính của chương trình Gacasd.

để sắp xếp các chuyển dời gamma vào sơ đồ mức kích thích; *Er+*, *Er-* để đánh giá độ tin cậy trong sắp xếp các chuyển dời gamma vào sơ đồ mức.

II.4. Kết luận

Chương này trình bày các kết quả trong xây dựng và phát triển phổ kế SACP trên Lò phản ứng hạt nhân bao gồm:

- Các kết quả đạt được về chùm nơtron, hệ che chắn bảo vệ bức xạ cho các detector.
- Các kết quả trong lắp đặt, thử nghiệm với hai cấu hình của phổ kế SACP. Ngoài ra còn có các phương án để phát triển hệ phổ kế.
- Các kết quả về xây dựng các chương trình xử lý.

CHƯƠNG III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC HẠT NHÂN ^{172}Yb VÀ ^{153}Sm SỬ DỤNG HỆ PHỔ KẾ SACP TRÊN Lò PHẢN ỨNG HẠT NHÂN ĐÀ LẠT

III.1. Nghiên cứu phân rã gamma nối tầng của Sm và Yb

Thời gian đo với bia đồng vị ^{171}Yb là 400 giờ và ^{152}Sm là 600 giờ trong các đợt chạy lò từ tháng 7/2005 đến tháng 5/2008. Số liệu được lưu tích lũy thành nhiều tập tin theo thời gian đo, để tránh các hiệu ứng không ổn định của hệ đo. Số liệu được xử lý theo các bước sau:

Chuẩn số liệu; Tạo và xử lý phổ tổng; Tìm các phổ nối tầng bậc hai tương ứng với các đỉnh tổng tìm được; Tính cường độ dịch chuyển gamma nối tầng và xây dựng sơ đồ mức; Tính mật độ mức thực nghiệm và xác suất dịch chuyển; Tìm và tính xác suất phân rã theo các kênh khác nhau của các trạng thái kích thích trung gian do dịch chuyển sơ cấp mạnh tạo nên.

Sai số trong quá trình xác định năng lượng của dịch chuyển gamma được tính dựa vào sai số của quá trình chuẩn năng lượng và sai số trong xác định vị trí đỉnh. Cả hai sai số này được khống chế để không vượt quá 2 keV.

Sai số trong xác định cường độ dịch chuyển được tính dựa vào sai số trong tính diện tích đỉnh và sai số do xác định hiệu suất ghi của các detector. Các sai số này tương đối lớn so với sai số xác định năng lượng do tính thống kê và xác suất phân rã tương đối yếu của các đồng vị được nghiên cứu.

Kết quả thực nghiệm đối với hai đồng vị có thể đánh giá như sau:

Với ^{172}Yb đã tính và xếp được vào sơ đồ mức 65 năng lượng tia gamma, đánh giá xác suất phân rã từ trạng thái kích thích B_n về các trạng thái trung gian qua các dịch chuyển sơ cấp. Đã thu được các dịch chuyển gamma thứ cấp từ mức 2382 keV về các mức thấp hơn.

Với ^{153}Sm đã tính và xếp được vào sơ đồ mức 214 năng lượng tia gamma, đánh giá xác suất phân rã từ trạng thái kích thích B_n về các trạng thái trung gian qua các dịch chuyển sơ cấp. Đã phát hiện và khẳng định được sự tồn tại của trạng thái kích thích thấp 8 keV \pm 2 keV và nhiều trạng thái đồng phân khác.

Dịch chuyển nối tầng bậc hai từ trạng thái B_n về trạng thái cơ bản có cường độ khá yếu so với phân rã của các hạt nhân trung bình đã đo được, đặc biệt trong hạt nhân ^{153}Sm không phát hiện được các dịch chuyển này.

Các dịch chuyển về mức cuối khác không tạo nên các trạng thái đồng phân là kiểu phân rã chủ yếu của ^{153}Sm (nếu bỏ qua khả năng phân rã β^- và giả thuyết các dịch chuyển nối tầng bậc hai có cường độ lớn là phân rã từ trạng thái B_n).

Số các chuyển dời gamma sơ cấp thu được vào khoảng 30% so với số liệu trong Nuclear Data Sheet, tuy nhiên số năng lượng gamma có giá trị năng lượng trùng khớp với năng lượng của các tia gamma trong tài liệu này chỉ chiếm khoảng 20% trong khi nếu đánh giá các vạch này trên phổ đơn kênh

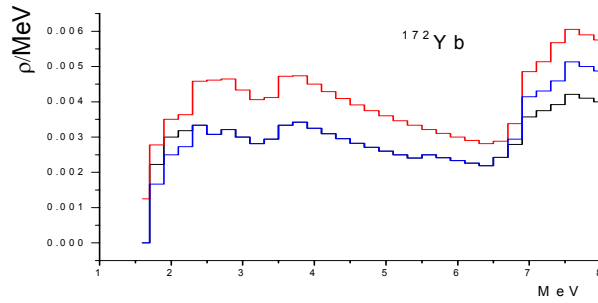
thì số gamma trùng khớp cao hơn rất nhiều. Điều đó chứng tỏ trong hạt nhân tồn tại các trạng thái kích thích rất gần nhau nên khi đo và xử lý số liệu theo phương pháp trùng phùng gamma nối tầng, các mức này đã được tách ra. Độ phân giải của các detector có thể lên đến giá trị từ 6÷10 keV trong vùng năng lượng từ 6÷10 MeV, hiệu suất ghi của detector lại giảm từ 4÷5 bậc. Vì vậy, khi đo bằng các hệ phổ kế sử dụng 1 detector, rất khó có khả năng để tách các dịch chuyển gamma có năng lượng sai khác nhau nhỏ hơn 10 keV. Tuy nhiên nhờ dựa vào đặc trưng sai khác giá trị năng lượng của tổng hai gamma phân rã nối tầng nên đã phân tách được các mức cách nhau trong phạm vi nhỏ hơn khả năng phân giải của detector. Nhờ đó, các mức trung gian cách nhau trong khoảng năng lượng nhỏ hơn 5 keV ở vùng năng lượng trên 4 MeV đã được xác định ví dụ như 4113,67 keV và 4113,11 keV hoặc 5385,21 keV và 5383,09 keV trong ^{153}Sm đã được xác định. Trong khi thử nghiệm với ^{36}Cl , cũng đã tách được các chuyển dời 1162 keV và 1164 keV có cường độ lệch nhau hơn 10 lần.

Các gamma ứng với dịch chuyển sơ cấp thu được chủ yếu có giá trị trong khoảng từ 0,3÷6 MeV còn trong Nuclear Data Sheet chủ yếu có năng lượng từ 3÷7 MeV, sự khác nhau này có thể là do loại detector đang sử dụng trong thí nghiệm (GC2018) chưa phải là loại detector sử dụng cho các phép đo có tốc độ đếm cao, hiệu suất ghi ở vùng năng lượng cao là khá thấp nên khả năng ghi được các dịch chuyển nối tầng có năng lượng cao cường độ dịch chuyển bé (nhỏ hơn 10^{-4} trên tổng số phân rã ghi nhận được của dịch chuyển sơ cấp) là rất thấp.

Cả hai hạt nhân này là tồn tại các trạng thái kích thích thấp, 8 keV trong ^{153}Sm và 78 keV trong ^{172}Yb . Các dịch chuyển nối tầng bậc hai từ trạng thái kích thích B_n về hai trạng thái này có xác suất khá lớn và là kiểu phân rã chủ yếu của chúng.

III.2. Phân bố của các trạng thái kích thích trung gian tạo ra sau dịch chuyển gamma sơ cấp của ^{172}Yb và ^{153}Sm

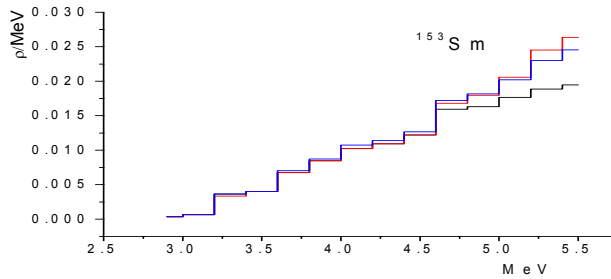
Các mức kích thích tạo ra từ các dịch chuyển sơ cấp được nhận diện với độ chính xác ± 1 keV. Sai số mắc phải trong tính mật độ mức thực nghiệm vào khoảng từ 2%÷33% tùy thuộc vào từng vùng năng lượng và từng hạt nhân. Số dịch chuyển sơ cấp thu được của ^{153}Sm lớn hơn của ^{172}Yb từ 5÷10 lần tuy nhiên cường độ dịch chuyển gamma sơ cấp trong cả hai hạt nhân không có nhiều sự khác biệt.



Hình 10. Mật độ mức thực nghiệm các trạng thái kích thích ứng với dịch chuyển gamma sơ cấp của ^{172}Yb .

Bảng 2. Các mức kích thích trung gian do dịch chuyển gamma sơ cấp từ mức B_n của ^{172}Yb (xác định với độ tin cậy ± 1 keV của năng lượng dịch chuyển gamma).

1764,9	2008,9	2873,3	3854,1	6724,4	6923,1	7062,1	7427,2
1787,0	2022,0	3389,0	5621,2	6735,3	6929,6	7155,7	7514,2
1792,8	2195,0	3506,2	6552,0	6819,4	6948,6	7165,5	7524,1

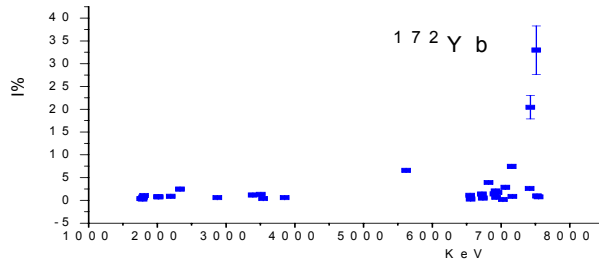


1808,8	2329,9	3539,7	6558,9	6904,2	7027,2	7416,4	7547,1
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

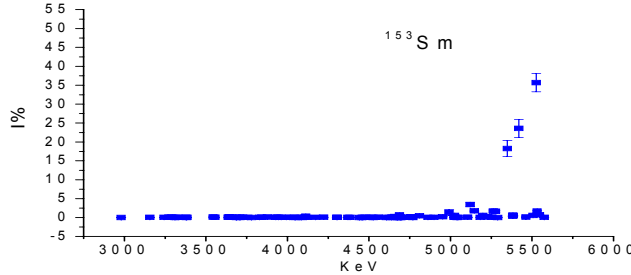
Hình 11. Mật độ mức thực nghiệm các trạng thái kích thích ứng với dịch chuyển gamma sơ cấp của ^{153}Sm .

Bảng 3. Các mức kích thích trung gian do dịch chuyển gamma sơ cấp từ mức B_n của ^{153}Sm (xác định với độ tin cậy ± 1 keV của năng lượng dịch chuyển gamma).

5575,9	5275,5	5028,3	4701,8	4641,6	4384,0	4043,9	3725,8	3381,7
5545,4	5263,3	5025,3	4697,5	4639,0	4371,9	4014,7	3708,6	3376,1
5532,1	5255,2	5020,9	4694,3	4623,3	4307,4	3993,9	3705,9	3330,7
5525,6	5230,0	4991,3	4691,9	4607,7	4302,1	3962,6	3688,4	3321,9
5506,1	5227,5	4951,7	4688,6	4562,0	4222,5	3945,0	3685,2	3310,6
5462,9	5198,3	4898,7	4676,4	4525,8	4173,1	3936,6	3660,2	3296,6
5419,7	5182,7	4861,9	4672,3	4518,1	4116,7	3928,2	3649,0	3288,7
5385,2	5146,5	4810,5	4666,9	4506,4	4113,1	3877,8	3642,6	3272,5
5383,1	5121,4	4769,5	4663,2	4477,3	4108,5	3842,1	3636,8	3243,7
5380,7	5105,1	4760,6	4661,2	4462,9	4084,9	3830,4	3556,5	3157,1
5348,6	5048,2	4756,9	4658,8	4457,2	4072,3	3780,1	3544,0	2980,9
5290,2	5041,4	4753,8	4656,3	4441,9	4048,4	3757,3	3384,2	



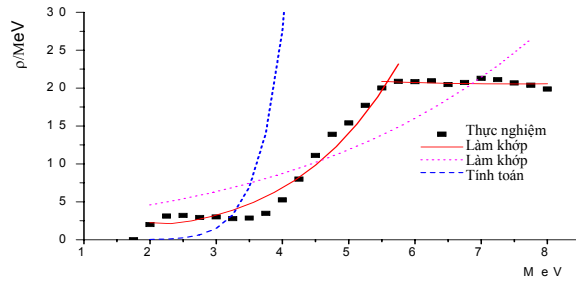
Hình 12. Phân bố cường độ chuyển dời gamma sơ cấp của ^{172}Yb .



Hình 13. Phân bố cường độ chuyển dời gamma sơ cấp của ^{153}Sm .

III.3. Hoàn thiện sơ đồ phân rã và đánh giá mật độ mức riêng phần

Số liệu đo được kết hợp với số liệu trong Nuclear Data Sheet và một số tài liệu khác để tiến hành làm khớp với mẫu lý thuyết. Kết quả được biểu diễn trên hình 14, hình 15, các bảng 4 và bảng 5.

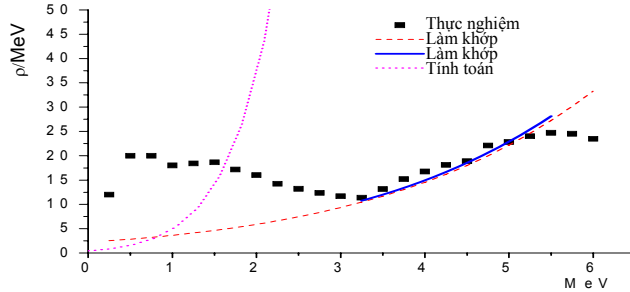


Hình 14. Đồ thị biểu diễn mật độ mức của ^{172}Yb , ■ là số liệu thực nghiệm; — là đường làm khớp số liệu mật độ mức theo phân đoạn; --- là làm khớp toàn dải số liệu mật độ mức; - - - là mật độ mức tính theo các tham số tham khảo.

Bảng 4. Các giá trị tham số mô tả mật độ mức thu được từ quá trình làm khớp thực nghiệm của ^{172}Yb .

Tham số	Giá trị Tham khảo	Dải 2÷5,5 MeV		Dải 5,5÷8 MeV		Dải 2÷8 MeV	
		Giá trị	Sai số	Giá trị	Sai số	Giá trị	Sai số

σ	6,76	0,69	0,09	0,094	0,004	0,53	0,01
a	17,58	4,21	6	0,168	0,022	2	1
Δ	1,830	1,86	0,32	-1,86	0,522	1,70	0,02
			2			0	3
			0,12			-	0,18
			0			3,22	3
						0	
χ_R^2		1,472		0,255		14,83	



Hình 15. Đồ thị biểu diễn mật độ mức của ^{153}Sm , ■ là số liệu thực nghiệm; — là đường làm khớp số liệu mật độ mức theo phân đoạn; - - - là làm khớp toàn dải số liệu mật độ mức; ... là mật độ mức tính theo các tham số tham khảo.

Bảng 5. Các giá trị tham số mô tả mật độ mức thu được từ quá trình làm khớp thực nghiệm của ^{153}Sm .

Tham số	Giá trị tham khảo	Dải 3÷5,5 MeV		Dải 0÷6 MeV	
		Giá trị	Sai số	Giá trị	Sai số
σ	5,639	0,466	0,065	0,480	34,1
a	16,20	2,48	0,017	2,46	0,068
Δ	-1,10	-2,00	0,067	-2,00	0,277
χ_R^2		2,90		77,60	

Đã bổ sung thêm các số liệu thực nghiệm mới cho cả hai hạt nhân (31 mức với ^{172}Yb và 34 mức với ^{153}Sm). Mật độ mức của ^{172}Yb được mô tả rất phù hợp với mẫu khí Fermi có dịch chuyển ngược hoặc mẫu nhiệt độ không đổi trong vùng năng lượng từ 2÷6 MeV, ở năng lượng kích thích cao hơn đến năng lượng B_n dù có sự bổ sung thêm các mức kích thích từ thực nghiệm này song mật độ mức vẫn giảm rõ rệt, đòi hỏi phải mô tả phân đoạn bằng giá trị khác của tham số mật độ mức. Theo các dự đoán của lý thuyết, có xảy ra sự suy giảm mật độ mức ở vùng năng lượng cao và vùng năng lượng từ 5,5÷6,0 MeV là giới hạn của các hiệu ứng tập thể bắt đầu ảnh hưởng mạnh lên giá trị của tham số mật độ mức.

Với hạt nhân ^{153}Sm kết quả hoàn toàn khác, mật độ mức của ^{153}Sm khá phù hợp với thực nghiệm trong vùng 3÷6 MeV. Ngoài các vùng năng lượng trên, cần phải có các mô tả khác hoặc có thể còn cần thêm các thông tin thực nghiệm chính xác về mật độ mức thực nghiệm trong các vùng năng lượng này. Các giá trị mô tả mật độ mức so sánh, được tính từ quá trình làm khớp số liệu thực nghiệm của các cộng hưởng neutron sóng s. Sự khác biệt khi sử dụng các tham số này trong mô tả chứng tỏ số liệu thực nghiệm thu được giữa các phương pháp đo vẫn chưa có tiếng nói chung ở mức vi mô. Việc tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm và đánh giá lại số liệu là cần thiết.

III.4. Kết luận

Phần này trình bày những kết quả thu được trong quá trình nghiên cứu ứng dụng phương pháp cộng biên độ các xung trùng trong nghiên cứu phân rã gamma nối tầng của ^{172}Yb và ^{153}Sm gồm: Quá trình thu thập và xử lý số liệu của hai đồng vị ^{172}Yb và ^{153}Sm từ số liệu phân rã đến các tham số mô tả mật độ mức kích thích của các hạt nhân này.

Đánh giá:

- Các hạt nhân biến dạng có cấu trúc phức tạp, nucleon ngoài cùng chịu tác động của nhiều loại tương tác hơn so với các hạt nhân trung bình, điều này đã được kiểm chứng qua các nghiên cứu thực nghiệm trong [1] khi nghiên cứu phân rã gamma nối tầng sau khi bắt neutron nhiệt của các hạt nhân ^{59}Ni , ^{28}Al , ^{239}U , ^{49}Ti , ^{182}Ta cho thấy rõ sự khác nhau về cấu trúc và các hiệu ứng tập thể đã ảnh hưởng lên tham số mật độ mức qua sự suy giảm rõ rệt của các mức và cường độ dịch chuyển gamma khi thay đổi từ các hạt nhân trung bình sang các hạt nhân nặng và biến dạng nặng.

- Các kết quả thu được là cơ sở tốt để kiểm chứng các giá trị của tham số mật độ mức cũng như đánh giá các mẫu đang được sử dụng để tính mật độ mức hiện nay. Những số liệu thực nghiệm bổ sung đã làm kết quả thực nghiệm trở nên phù hợp hơn với lý thuyết trong trường hợp hạt nhân ^{172}Yb , năng lượng tới hạn của các quá trình xảy ra sự phá vỡ các liên kết làm giảm mật độ mức bắt đầu vào khoảng 6 MeV. Với hạt nhân ^{153}Sm sai số của thực nghiệm còn khá lớn khi nghiên cứu cấu trúc mức của hạt nhân này ở vùng năng lượng thấp, đòi hỏi phải có sự đánh giá lại một cách hệ thống hạt nhân này. Hiện tượng bề gãy liên kết đôi trong hạt nhân này không được phát hiện giống như trong trường hợp của ^{172}Yb . Tuy nhiên sự khác nhau này hoàn toàn có thể hiểu được khi năng lượng liên kết B_n của hai hạt nhân này chênh nhau khá lớn.

PHẦN KẾT LUẬN

Các nghiên cứu trong luận án đã đạt được những kết quả sau đây:

1. **Đã xây dựng được hệ thiết bị che chắn, dẫn dòng** cho triển khai nghiên cứu phân rã gamma nổi tầng trên lò phản ứng hạt nhân với chi phí thấp, hiệu quả che chắn cao và sai số hình học đo thấp. Các giá trị về suất liều ở khu vực kênh hoàn toàn đảm bảo an toàn cho người làm thí nghiệm. Chùm neutron tại vị trí đặt bia mẫu có tỉ số Cd là ~ 900 , thông lượng, kích thước và phong bức xạ hoàn toàn thích hợp cho việc bố trí thí nghiệm nghiên cứu phân rã gamma nổi tầng hoặc phân tích kích hoạt neutron gamma tức thời.
2. **Đã triển khai và lắp đặt thành công hệ đo cộng biên độ các xung trùng phùng** trong nghiên cứu phân rã gamma nổi tầng trên chùm neutron của lò phản ứng với hai cấu hình (sử dụng khối trùng phùng và sử dụng TAC). Đây là hệ thống thiết bị tốt cho nghiên cứu và đào tạo cán bộ làm vật lý hạt nhân thực nghiệm (4 cán bộ đã bảo vệ luận án bậc thạc sỹ, 3 nghiên cứu sinh bậc tiến sĩ đang làm việc với hệ đo), là cơ sở để triển khai các hệ thống đo đặc sử dụng nhiều detector. Sự thành công của phương pháp cũng là cơ sở để ứng dụng phương pháp trùng phùng sự kiện-sự kiện sang các lĩnh vực khác ngoài số liệu và cấu trúc hạt nhân.
3. **Đã xây dựng được các chương trình xử lý số liệu chạy trên môi trường Windows** như hiệu chỉnh code số liệu, tìm phổ tổng, các phổ nổi tầng bậc hai, hiệu chỉnh hiệu suất, chọn lựa các cặp sự kiện trùng phùng theo năng lượng và thời gian. Xây dựng được các chương trình sắp xếp sơ đồ phân rã, tính mật độ mức thực nghiệm và lý thuyết. **Đã thu thập được các số liệu làm cơ sở cho hiệu chỉnh hệ thống** trên các nguồn đồng vị và bia đồng vị.
4. **Đã đo, xử lý số liệu phân rã gamma nổi tầng của ^{153}Sm và ^{172}Yb** dựa trên các phản ứng $^{152}\text{Sm}(n,\gamma)^{153}\text{Sm}$ và $^{171}\text{Yb}(n,\gamma)^{172}\text{Yb}$ với neutron nhiệt. Các số liệu này là cơ sở để nghiên cứu, đánh giá các trạng thái kích thích vùng năng lượng trung gian nằm dưới năng lượng liên kết của neutron trong hai hạt nhân này.
5. **Đã phân tích đánh giá mật độ mức thực nghiệm của ^{153}Sm và ^{172}Yb , đặc biệt là mật độ mức và cường độ của các dịch chuyển sơ cấp từ trạng thái B_n .** Tính mật độ các trạng thái kích thích và mô tả các giá trị mật độ mức theo mẫu lý thuyết với tham số mật độ mức phù hợp nhất được xác định từ thực nghiệm.

Các nghiên cứu tiếp theo của luận án:

1. Nâng cao chất lượng thông tin thực nghiệm bằng sử dụng hệ phổ kế ba detector, nâng cao tỉ số đỉnh trên phông của các đỉnh tổng nằm phía dưới cách xa B_n .
2. Triển khai nghiên cứu phân rã gamma nổi tầng trên các hạt nhân thuộc họ Yb và Sm, tính tham số mật độ mức của các hạt nhân này để phân tích, đánh giá sự ảnh hưởng của cấu trúc lên tham số mật độ mức. Làm khớp số liệu thực nghiệm theo các mẫu Iganatuk, các mẫu đánh giá cường độ để đánh giá độ rộng mức riêng phần và hàm lực dịch chuyển gamma.
3. Nghiên cứu triển khai hệ đo theo cấu hình đã đề xuất, xây dựng các phần mềm xử lý số liệu cho phương pháp trùng phùng bằng phần mềm. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp này trong các lĩnh vực có ứng dụng kỹ thuật đo ghi bức xạ.