

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, tôi xin gửi lời cảm ơn đến Viện Năng lượng Nguyên Tử Việt Nam, Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Trung tâm Đào tạo Hạt nhân đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi trong thời gian nghiên cứu để thực hiện Luận án.

Trân trọng cảm ơn Ban giám hiệu trường Đại học Đà Lạt, Phòng TC-CB, Khoa Vật lý, Khoa Kỹ thuật Hạt nhân đã tạo mọi điều kiện tốt nhất cho tôi trong nghiên cứu, học tập và công tác.

Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc, tôi xin gửi lời cảm ơn tới hai Thầy hướng dẫn là TS. Phạm Đình Khang và PGS. TS Nguyễn Đức Hòa đã tận tình giúp đỡ tôi từ những bước đi đầu tiên xây dựng ý tưởng nghiên cứu, cũng như trong suốt quá trình nghiên cứu và hoàn thiện Luận án. Quý thầy đã luôn ủng hộ, động viên và hỗ trợ những điều kiện tốt nhất để tôi hoàn thành Luận án. Kính gửi đến quý thầy tấm lòng tri ơn của người học trò. Mong rằng trí tuệ và sự độ lượng của quý thầy sẽ còn mãi để những thế hệ mai sau có cơ hội tiếp cận và lĩnh hội.

Xin cảm ơn PGS. TS. Lê Bá Dũng, nguyên Hiệu trưởng trường Đại học Đà Lạt đã luôn ủng hộ tinh thần học tập của cán bộ, tạo mọi điều kiện thuận lợi trong công tác, cho phép tôi có được cơ hội tiếp tục nghiên cứu.

Xin cảm ơn TS. Nguyễn Xuân Hải, người đã cùng tôi trực tiếp làm thực nghiệm, trao đổi, giúp đỡ tôi trong chuyên môn. Cảm ơn một người bạn chân thành!

Cảm ơn ThS. NCS. Đặng Lành đã góp ý, giúp đỡ tôi trong chuyên môn cũng như động viên khích lệ tôi trong nghiên cứu khoa học.

Cảm ơn ThS. NCS. Phạm Ngọc Sơn, ThS. Hồ Hữu Thắng đã không ngại khó khăn giúp đỡ tôi triển khai một số thực nghiệm.

Tôi xin cảm ơn các anh Phòng Vật lý – Điện tử đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi nghiên cứu bằng mọi thiết bị hiện có. Cảm ơn Trung tâm Lò phản ứng hạt nhân đã tạo điều kiện thuận lợi để tôi được khai thác tại kênh thực nghiệm số 3.

Cảm ơn các bạn cùng nhóm nghiên cứu: Th.S. NCS Trần Tuấn Anh, ThS. NCS Nguyễn Văn Hải, ThS. NCS Trương Văn Minh, NCS Mangengo Lumenganod đã cùng tôi trao đổi, thảo luận thẳng thắn vấn đề nghiên cứu của Luận án.

Với tình yêu thương gia đình, con xin gửi lời cảm ơn đến Ba, Mẹ - xin nhận nơi đây tấm lòng của người con. Cảm ơn các chị, anh và các em đã đồng viên giúp đỡ tôi trong công việc hằng ngày.

Cuối cùng, cảm ơn vợ và hai con đã cho tôi một điểm tựa về tinh thần lẫn vật chất để tôi có thể toàn tâm thực hiện Luận án.

Xin chân thành cảm ơn mọi người!

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan:

- 1 Những nội dung trong luận án này là do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn khoa học trực tiếp của TS. Phạm Đình Khang và PGS.TS. Nguyễn Đức Hòa.
- 2 Mọi tham khảo dùng trong luận án đều được trích dẫn rõ ràng tên tác giả, tên công trình, thời gian, địa điểm công bố.
- 3 Mọi sao chép không hợp lệ, vi phạm quy chế đào tạo, hay gian trá nếu có tôi chịu trách nhiệm hoàn toàn về bản luận án này.

Người cam đoan

Nguyễn An Sơn

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	1
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	3
DANH MỤC CHỮ CÁI VIẾT TẮT.....	5
MỞ ĐẦU.....	7
Chương một. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU	10
1.1. Phương pháp trùng phùng gamma-gamma	10
1.1.1. Quá trình phát triển phương pháp	10
1.1.1.1. Trên thế giới.....	10
1.1.1.2. Tại Việt Nam.....	14
1.1.2. Hệ đo thực nghiệm tại Viện NCHN.....	15
1.1.2.1. Hệ phổ kế trùng phùng gamma-gamma	15
1.1.2.2. KS3 của LPUHNDL.....	18
1.2. Tình hình nghiên cứu các hạt nhân ^{49}Ti, ^{52}V và ^{59}Ni.....	18
1.2.1. Hạt nhân ^{49}Ti	18
1.2.2. Hạt nhân ^{52}V	19
1.2.3. Hạt nhân ^{59}Ni	20
1.3. Cơ sở lý thuyết tính toán trong luận án	22
1.3.1. Cường độ dịch chuyển gamma nổi tầng.....	23
1.3.2. Mật độ mức	24
1.3.2.1. Tổng quan sự phát triển lý thuyết mật độ mức	24
1.3.2.2. Mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược và công thức Gilbert-Cameron	26

1.3.3. Spin và độ chắn lẻ	28
1.3.4. Bậc đa cực, xác suất dịch chuyển, độ rộng mức và hàm lực.....	31
1.3.4.1. Bậc đa cực và xác suất dịch chuyển.....	31
1.3.4.2. Thời gian sống, độ rộng mức và hàm lực	33
I.4. Kết luận chương	35
Chương hai. TRIỂN KHAI NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM.....	36
Phần I. HOÀN THIỆN PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	36
2.1. Phát triển hệ thống thực nghiệm.....	36
2.1.1. Cải tiến giao diện	36
2.1.1.1. Đánh giá thực trạng hệ đo	36
2.1.1.2. Chế tạo giao diện bằng PCI 7811R.....	37
2.1.2. Thay đổi cấu trúc hệ thống che chắn, dẫn dòng neutron	41
2.2. Xác lập các tham số cho hệ trùng phùng gamma-gamma.....	42
2.3. Xây dựng hàm hiệu suất.....	43
Phần II. NGHIÊN CỨU PHÂN RÃ GAMMA NỔ TẦNG CỦA CÁC HẠT NHÂN ^{49}Ti, ^{52}V VÀ ^{59}Ni	46
2.4. Chuẩn bị bia mẫu ^{49}Ti, ^{52}V và ^{59}Ni.....	46
2.5. Thu thập số liệu phân rã gamma nổ tầng của ^{49}Ti, ^{52}V và ^{59}Ni.....	47
2.6. Xử lý số liệu thực nghiệm	49
2.7. Xây dựng sơ đồ phân rã và xác định các đặc trưng lượng tử... ..	51
2.7.1. Xây dựng sơ đồ phân rã.....	51
2.7.2. Xác định các đặc trưng lượng tử.....	52
2.8. Đánh giá xác suất và hàm lực dịch chuyển gamma.....	53
2.9. Kết luận chương.....	55

Chương ba. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	56
3.1. Kết quả hoàn thiện hệ thống thực nghiệm.....	56
3.1.1. Kết quả cải thiện giao diện	56
3.1.2. Kết quả về phong của hệ đo.....	58
3.1.3. Kết quả về lựa chọn tham số cho hệ đo.....	60
3.1.4. Kết quả xác định hàm hiệu suất.....	62
3.2. Kết quả ghi nhận phổ tổng và phổ nổi tầng.....	64
3.3. Kết quả số liệu phân rã nổi tầng của ^{49}Ti, ^{52}V và ^{59}Ni.....	68
3.3.1. Năng lượng và cường độ dịch chuyển nổi tầng.....	68
3.3.2. Kết quả sắp xếp các dịch chuyển gamma nổi tầng vào sơ đồ mức	73
3.4. Hệ số rẽ nhánh và xác suất dịch chuyển điện từ.....	81
3.4.1. Hệ số rẽ nhánh	81
3.4.2. Kết quả tính xác suất dịch chuyển theo mẫu đơn hạt	86
3.5. Độ rộng mức, thời gian sống của mức và hàm lực	93
3.6. Kết luận chương.....	99
KẾT LUẬN CHUNG.....	101
CÁC CÔNG TRÌNH LÀM CƠ SỞ CHO LUẬN ÁN	104
TÀI LIỆU THAM KHẢO	107
PHỤ LỤC 1. PHƯƠNG PHÁP CHUẨN CÁC THAM SỐ TFA VÀ CFD CỦA HỆ TRÙNG PHÙNG GAMMA-GAMMA TẠI VIỆN NCHN.....	115
PHỤ LỤC 2. KẾT QUẢ SUẤT LIỀU SAU KHI THAY THIẾT BỊ CHE CHẮN VÀ DẪN DÒNG KS3.....	120
PHỤ LỤC 3. CÁC PHỔ NỔI TẦNG	126
PHỤ LỤC 4. XÁC ĐỊNH SPIN VÀ ĐỘ CHẮN LẺ.....	135

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. 1 Sơ đồ nguyên lý hệ trùng phùng do Hoogenboom thiết kế	10
Hình 1. 2 Hệ đo trùng phùng nhanh chậm tại Dubna	12
Hình 1. 3 Hệ trùng phùng nhanh chậm tại Hungary	13
Hình 1. 4 Sơ đồ khối hệ trùng phùng cộng biên độ tại Viện NCHN.	14
Hình 1. 5 Hệ phổ kế trùng phùng gamma – gamma tại LPUHNDL.....	15
Hình 1. 6 Mô tả phân rã gamma của hạt nhân hợp phần.....	23
Hình 1. 7 Minh họa spin, chẵn lẻ và bậc đa cực của một số dịch chuyển.....	30
Hình 2. 1 Bản mạch giao diện PCI 7811R.....	38
Hình 2. 2 Sơ đồ phần cứng PCI 7811R	39
Hình 2. 3 Lưu đồ thuật toán chương trình điều khiển viết cho giao diện.....	40
Hình 2. 4 Sơ đồ lắp đặt thiết bị bên trong và ngoài KS3.....	42
Hình 2. 5 Hình ảnh của các bia mẫu.....	46
Hình 2. 6 Hình chụp của hệ phổ kế trùng phùng gamma – gamma tại Viện NCHN.	47
Hình 2. 7 Thuật toán xử lý số liệu.....	49
Hình 2. 8 Mô tả file lưu trữ các mã biên độ.....	50
Hình 3.1 Giao diện ở chế độ MCA.....	57
Hình 3. 2 Giao diện của chương trình ở chế độ trùng phùng.	57
Hình 3.3 Phổ tổng của $Cl^{35}(n, 2\gamma)Cl^{36}$ đo thử nghiệm với giao diện PCI 7811R.	58
Hình 3. 4 Phổ phong của kênh sử dụng detector GC2018, đo khi kênh mở và lò hoạt động ở công suất 500 kW.....	59
Hình 3. 5 Phổ phong của kênh sử dụng detector EGPC20, đo khi kênh mở và lò hoạt động ở công suất 500 kW.....	60
Hình 3. 6 Phổ thời gian của ^{60}Co (cửa sổ trùng phùng đặt 100 ns, ADC 1k).....	61

Hình 3. 7 Phổ năng lượng ở hai kênh.	62
Hình 3. 8 Hiệu suất ghi tương đối của hai detector.	63
Hình 3. 9 Một phần phổ tổng của ^{49}Ti	65
Hình 3. 10 Một phần phổ tổng của ^{52}V	65
Hình 3. 11 Một phần phổ tổng của ^{59}Ni	66
Hình 3. 12 Phổ nổi tầng bậc hai ứng với đỉnh tổng 8142,50 keV của ^{49}Ti	66
Hình 3. 13 Phổ nổi tầng bậc hai ứng với đỉnh tổng 7310,68 keV của ^{52}V	67
Hình 3. 14 Phổ nổi tầng bậc hai ứng với đỉnh tổng 8999,14 keV của ^{59}Ni	67
Hình 3. 15 Kết quả sắp xếp sơ đồ mức của ^{49}Ti và spin, độ chẵn lẻ của các mức.	75
Hình 3. 16 Kết quả sắp xếp sơ đồ mức của ^{52}V và spin, độ chẵn lẻ của các mức.	78
Hình 3. 17 Kết quả sắp xếp sơ đồ mức của ^{59}Ni và spin, độ chẵn lẻ của các mức.	80
Hình 3. 18 Xác suất dịch chuyển E1 của ^{49}Ti từ B_n	87
Hình 3. 19 Xác suất dịch chuyển E1 của ^{52}V từ B_n	90
Hình 3. 20 Xác suất dịch chuyển E1 của ^{59}Ni từ B_n	92
Hình 3. 21 Hàm lực chuyển dời gamma sơ cấp của ^{49}Ti từ mức 8142,50 keV về các mức trung gian.	94
Hình 3. 22 Hàm lực chuyển dời gamma sơ cấp của ^{52}V từ mức 7310,68 keV về các mức trung gian.	97
Hình 3. 23 Hàm lực chuyển dời gamma sơ cấp của ^{59}Ni từ mức 8999,14 keV về các mức trung gian.	99

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2. 1 Độ phổ biến đồng vị và tiết diện bắt neutron nhiệt của các đồng vị trong bia mẫu	46
Bảng 2. 2 Giá trị các tham số của hệ đo được chọn.	48
Bảng 3. 1 Tỉ số đỉnh giữa các kênh trong trường hợp đo với	60
Bảng 3. 2 Hiệu suất tương đối của các detector theo năng lượng	62
Bảng 3. 3 Các tham số của đỉnh tổng	64
Bảng 3. 4 Năng lượng và cường độ dịch chuyển nội tầng các tia gamma trong phản ứng $^{48}\text{Ti}(n, 2\gamma)^{49}\text{Ti}$	68
Bảng 3. 5 Năng lượng và cường độ dịch chuyển nội tầng các tia gamma trong phản ứng $^{51}\text{V}(n, 2\gamma)^{52}\text{V}$	69
Bảng 3. 6 Năng lượng và cường độ dịch chuyển nội tầng các tia gamma trong phản ứng $^{58}\text{Ni}(n, 2\gamma)^{59}\text{Ni}$	71
Bảng 3. 7 Sắp xếp mức dịch chuyển nội tầng của ^{49}Ti	74
Bảng 3. 8 Sắp xếp mức dịch chuyển nội tầng của ^{52}V	75
Bảng 3. 9 Sắp xếp mức dịch chuyển nội tầng của ^{59}Ni	79
Bảng 3. 10 Hệ số rẽ nhánh của một số mức của hạt nhân ^{49}Ti	82
Bảng 3. 11 Hệ số rẽ nhánh của một số mức của hạt nhân ^{52}V	82
Bảng 3. 12 Hệ số rẽ nhánh của một số mức của hạt nhân ^{59}Ni	84
Bảng 3. 13 Xác suất dịch chuyển điện từ của ^{49}Ti từ B_n về mức cơ bản theo phản ứng $^{48}\text{Ti}(n, 2\gamma)^{49}\text{Ti}$ so sánh lý thuyết và thực nghiệm	86
Bảng 3. 14 Xác suất dịch chuyển điện từ của ^{52}V từ B_n về mức cơ bản theo phản ứng $^{51}\text{V}(n, 2\gamma)^{52}\text{V}$ so sánh lý thuyết và thực nghiệm	87
Bảng 3. 15 Xác suất dịch chuyển điện từ của ^{59}Ni từ B_n về mức cơ bản theo phản ứng $^{58}\text{Ni}(n, 2\gamma)^{59}\text{Ni}$ so sánh lý thuyết và thực nghiệm	90

- Bảng 3. 16 Độ rộng, thời gian sống của một số mức thực nghiệm. Hàm lực của ^{49}Ti từ B_n về mức cơ bản theo phản ứng $^{48}\text{Ti}(n, 2\gamma)^{49}\text{Ti}$ 93
- Bảng 3. 17 Độ rộng, thời gian sống của một số mức thực nghiệm. Hàm lực của ^{52}V từ B_n về mức cơ bản theo phản ứng $^{51}\text{V}(n, 2\gamma)^{52}\text{V}$ 95
- Bảng 3. 18 Độ rộng, thời gian sống của một số mức thực nghiệm. Hàm lực của ^{59}Ni từ B_n về mức cơ bản theo phản ứng $^{58}\text{Ni}(n, 2\gamma)^{59}\text{Ni}$ 97