

**CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM**

**Độc lập - Tự do - Hạnh phúc**

*Đà Nẵng, ngày 22 tháng 6 năm 2022*

**BÁO CÁO KẾT QUẢ TỰ ĐÁNH GIÁ  
NHIỆM VỤ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP QUỐC GIA**

**I. Thông tin chung về nhiệm vụ:**

1. Tên nhiệm vụ, mã số:

Tên nhiệm vụ: “Nghiên cứu thực nghiệm và lý thuyết hàm lực bức xạ và mật độ mức của một số hạt nhân kích thích”

Mã số: **ĐTĐLCN.02/19.**

Thuộc: Chương trình phát triển Vật lý

Loại: Độc lập

2. Mục tiêu nhiệm vụ:

Mục tiêu đầu tiên của đề tài này là: “Nghiên cứu thực nghiệm MĐM và HLBX của một số hạt nhân kích thích dựa trên phản ứng bắt neutron nhiệt từ lò phản ứng Đà Lạt. Chúng tôi sẽ xây dựng một phương pháp mới dựa trên ý tưởng kết hợp phương pháp của Dubna với phương pháp của Oslo, tuy nhiên với độ tin cậy cao hơn và tập trung vào vùng hạt nhân mà đề tài KC.05.08/16-20 và đề tài NAFOSTED 103.04-2017.323 chưa quan tâm tới. Cụ thể, chúng tôi chọn một số hạt nhân như 52 V, 54 Cr, và 182 Ta .

Mục tiêu thứ hai của đề tài này là:

+ Phát triển mô hình lý thuyết vi mô hoàn toàn để mô tả đồng thời MĐM và HLBX dựa trên cơ sở của mô hình lý thuyết mà chúng tôi đã công bố trước đó.

+ Áp dụng mô hình lý thuyết mới cho một số hạt nhân mà thực nghiệm có thể đo được tại Đà Lạt cũng như nhiều hạt nhân khác với khối lượng từ nhẹ tới nặng.

Mục tiêu thứ ba của đề tài này là: ứng dụng các kết quả tính toán và đo đạc thực nghiệm cho

các hạt nhân 52 V, 54 Cr, và 182 Ta vào việc xác định suất phản ứng của các phản ứng cần thiết cho khảo sát một số vấn đề về sự bất thường trong quan sát thiên văn học.

3. Chủ nhiệm nhiệm vụ: TS. Lê Tấn Phúc

4. Tổ chức chủ trì nhiệm vụ: Trường Đại học Duy Tân

5. Tổng kinh phí thực hiện: 5460 triệu đồng.  
Trong đó, kinh phí từ ngân sách SNKH: 3180 triệu đồng.  
Kinh phí từ nguồn khác: 2280 triệu đồng.

6. Thời gian thực hiện theo Hợp đồng: 30 tháng

Bắt đầu: 03/2019

Kết thúc: 08/2021

Thời gian thực hiện theo văn bản điều chỉnh của cơ quan có thẩm quyền (nếu có): gia hạn thêm 09 tháng đến hết tháng 05/2022 theo Quyết định gia hạn thời gian thực hiện nhiệm vụ số 2129/QĐ-BKHCN của Bộ KHCN ngày 16/08/2021

7. Danh sách thành viên chính thực hiện nhiệm vụ nêu trên gồm:

S TT	Họ và tên	Chức danh khoa học, học vị	Cơ quan công tác
1	Lê Tấn Phúc	TS	Trường Đại học Duy Tân
2	Nguyễn Quang Hưng	PGS. TS	Trường Đại học Duy Tân
3	Lê Hồng Khiêm	GS. TS	Viện Vật lý - Viện Hàn Lâm Khoa Học và Công Nghệ Quốc Gia
4	Trần Viết Nhân Hào	PGS. TS	Trường Đại học Sư phạm Huế
5	Nguyễn Xuân Hải	TS	Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân - Viện Năng Lượng Nguyên Tử Việt Nam
6	Hoàng Anh Tuấn Kiệt	TS	Viện Nghiên Cứu Khoa Học Cơ Bản và Ứng Dụng, Trường Đại học Duy Tân

7	Nguyễn Ngọc Duy	TS	Trường Đại học Đồng Nai
8	Lê Ngọc Thiêm	TS	Viện Khoa Học và Kỹ Thuật Hạt Nhân - Viện Năng Lượng Nguyên Tử Việt Nam
9	Nguyễn Ngọc Anh	TS	Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân - Viện Năng Lượng Nguyên Tử Việt Nam
10	Nguyễn Hoàng Tùng	NCS, ThS	Trường Đại học Duy Tân

Ngoài ra, các thành viên tham gia nhiệm vụ gồm

S TT	Họ và tên	Chức danh khoa học, học vị	Cơ quan công tác
1	Trần Hoài Nam	PGS. TS	Trường Đại học Duy Tân
2	Hoàng Sỹ Minh Tuấn	TS	Trường Đại học Duy Tân
3	Phan Thị Thùy Giang	TS	Trường Đại học Duy Tân
4	Lê Thị Quỳnh Hương	TS	Trường Đại học Khánh Hòa
5	Nguyễn Thị Kim Uyên	TS	Bệnh viện Đồng Nai
6	Phạm Đình Khang	PGS. TS	Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội
7	Nguyễn Văn Kiên	TS	Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân
8	Hồ Hữu Thắng	ThS	Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân
9	Vũ Đức Công	ThS	Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân

10/1/2021



	Chae, N. Quang Hung, N. Nhu Le, and N. N. Duy, <i>Combinations of <math>^{58}\text{Ni} + ^{251}\text{Cf}</math> and <math>^{64}\text{Zn} + ^{248}\text{Cm}</math> for the synthesis of the unknown superheavy nuclei <math>^{309,312}126</math></i> , <b>International Journal of Modern Physics E</b> <b>28</b> , 1950056 (2019)								
2.1.4	N. N. Duy, L. Xayavong, N. K. Uyen, Vinh N. T. Pham, T. V. Nhan Hao, <i>A numerical calculation of the nuclear spin-parity and magnetic moment based on single-particle Shell Model</i> , <b>New Physics: Sae Mulli</b> <b>69</b> , 1091-1100 (2019)		X			X			X
2.1.5	N. N. Duy, H. T. P. Thao, N. K. Uyen, <i>Examination of the Astrophysical-Rate Variations of the Key Reactions in the <math>rp</math>-Process due to Mass Uncertainties</i> , <b>Journal of the Korean Physical Society</b> <b>76</b> (10), 881-888 (2020)		X			X			X

11/02/2021

2.1.6	Vinh N. T. Pham, N. N. Duy, K. Y. Chae, N. Nhu Le, T. V. Nhan Hao, <i>A numerical calculation of the penetration factor and its application</i> , <b>Acta Physica Polonica B 51, 973 (2020)</b>		X			X			X	
2.1.7	N. N. Duy, H. T. P. Thao, <i>Evaluation of <math>\alpha</math>-decay half-life for measuring concentration of radioactive nuclei</i> , <b>New Physics: Sae Mulli 70(5), 424-431 (2020)</b> .		X			X			X	
2.1.8	N. Nhu Le, N. Quang Hung, K. Y. Chae, T. V. Nhan Hao, L. Tan Phuc, and N. Ngoc Duy, <i>Possible syntheses of unknown superheavy <math>309,312126</math> nuclei</i> , <b>Journal of radioanalytical and nuclear Chemistry 326, 1135-1149 (2020)</b>		X			X			X	
2.1.9	N. N. Duy, H. T. P. Thao, P. N. T. Vinh and N. T. T. Hoan, <i>An Approximation of the Synthesis Cross Section for the Unknown <math>126</math> th</i>		X			X			X	

H I C O I H

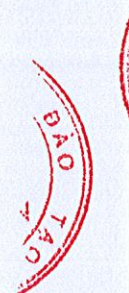
	<i>Element via 58 Ni+ 251 Cf and 64 Zn+ 248 Cm Combinations</i> ”, <b>Journal of the Korean Physical Society, 77(1), 25-31 (2020)</b>								
2.1.20	Nguyen Kim Uyen, Kyung Yuk Chae, Nguyen Ngoc Duy, Soo Mi Cha, Minsik Kwag, Kim Duhyun, Le Tan Phuc, Nguyen Quang Hung, Pham Dinh Khang, Nguyen Xuan Hai, Ho Huu Thang, and Nguyen Ngoc Anh, <i>Level scheme of <sup>164</sup>Dy obtained from <sup>163</sup>Dy(n<sub>th</sub>, 2gamma) experiment</i> , <b>Nuclear Physics A 1007, 122136 (2021)</b>		X			X			X
2.1.11	L. Tan Phuc, N. Quang Hung, N. Dinh Dang, L. T. Quynh Huong, N. Ngoc Anh, N. Ngoc Duy, L. Ngoc Uyen, and N. Nhu Le, <i>Role of exact thermal pairing in radiative strength functions of <sup>161-163</sup>Dy nuclei</i> , <b>Physical Review C (Rapid Communication) 102,</b>	X			X			X	

151 1 2 2 156

	061302(R) (2020).								
2.1.12	Cong, V. D., Xuan, T. D., Hai, N. X., Khang, P. D., Khiem, L. H., Hung, N. Q., & Anh, N. N. <i>Normalizing the enhanced generalized superfluid model of nuclear level density.</i> <b>The European Physical Journal A</b> , 57(11), 1-16 (2021).	X			X			X	
2.1.13	Le, N. N., Cristallo, S., Vescovi, D., Phuc, L. T., & Hung, N. Q. <i>Maxwellian-averaged cross section of <math>^{181}\text{Ta}(n, \gamma)</math> reaction and its astrophysical implications.</i> <b>Nuclear Physics A</b> , 122450 (2022).		X			X			X
2.2	Bài báo trong nước		X			X			X
2.2.1	N. N. Duy, N. N. Le, N. K. Uyen, <i>An Evaluation of Energy-loss Straggling Calculation of the LISE++ Code,</i> <b>Science &amp; Technology Development Journal</b> , 22(4):409-414 (2019)		X			X			X



2.2.2	Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc và Nguyễn Ngọc Anh, “ <i>Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm mật độ mức và hàm lực bức xạ của hạt nhân nguyên tử tại Việt Nam</i> ”, <b>Tạp chí thông tin khoa học và công nghệ hạt nhân</b> , <b>63, 9-15 (2020)</b>		X			X			X
2.2.3	Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Xuân Hải, Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc, Phạm Đình Khang, <i>Các tham số mật độ mức cập nhật của hạt nhân <sup>153</sup>Sm trong mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược</i> , <b>Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Việt Nam: Bản B 63(1), 6-10 (2021)</b>		X			X			X
2.2.4	Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Xuân Hải, Trần Anh Khôi, Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc, Phạm Đình Khang, Đinh Thị Tường Quy, Cao Minh Nhân, <i>Phân rã gamma nối tầng bậc hai từ trạng thái</i>		X			X			X





	<i>hợp phân về trạng thái cơ bản của hạt nhân 182 Ta, Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Việt Nam: 64(1) 1. 2022.</i>								
2.25	Nguyen Ngoc Anh, Le Tan Phuc, Nguyen Xuan Hai, Nguyen Quang Hung, <i>Evaluation of some nuclear level density and radiative strength function models based on experimental two-step gamma - cascade intensities of <math>^{51}\text{V}(n_{th}, 2\gamma)^{52}\text{V}</math> reaction, HCMUE Journal of Science, Special Issue: natural Sciences and Technology (2022).</i>		X			X			X
3	Sản phẩm đào tạo		X			X			X
3.1	02 Thạc sĩ		X			X			X
3.2	01 Tiến sĩ		X			X			X

1.2. Danh mục sản phẩm khoa học dự kiến ứng dụng, chuyển giao (nếu có):

Số TT	Tên sản phẩm	Thời gian dự kiến ứng dụng	Cơ quan dự kiến ứng dụng	Ghi chú
1	Mã chương trình và tập tin thực hiện được để tính MĐM và HLBX từ phổ gamma thực nghiệm	2022	Viện Nghiên cứu Khoa học Cơ bản và Ứng Dụng, Trường Đại học Duy Tân Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân – Viện Năng Lượng Nguyên Tử Việt Nam	
2	Bộ số liệu thực nghiệm và lý thuyết MĐM và	2022	Viện Nghiên cứu Khoa học Cơ bản và Ứng Dụng, Trường Đại	

	HLBX		học Duy Tân Viện Nghiên Cứu Hạt Nhân – Viện Năng Lượng Nguyên Tử Việt Nam	
--	------	--	--	--

1.3. Danh mục sản phẩm khoa học đã được ứng dụng (nếu có):

Số TT	Tên sản phẩm	Thời gian ứng dụng	Tên cơ quan ứng dụng	Ghi chú
1	L. Tan Phuc, N. Quang Hung, and N. Dinh Dang, <i>Renormalizing random-phase approximation by using exact pairing</i> , <b>Physical Review C 99</b> , 064322 (2019).	2019	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
2	N. Quang Hung, N. Dinh Dang, and L. G. Moretto, <i>Pairing in excited nuclei: a review</i> , <b>Reports on Progress in Physics 82</b> , 056301 (2019).	2019	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
3	T. V. Nhan Hao, K. Y. Chae, N. Quang Hung, N. Nhu Le, and N. N. Duy, <i>Combinations of <math>^{58}\text{Ni} + ^{251}\text{Cf}</math> and <math>^{64}\text{Zn} + ^{248}\text{Cm}</math> for the synthesis of the unknown superheavy nuclei <math>^{309,312}126</math></i> , <b>International Journal of Modern Physics E 28</b> , 1950056 (2019)	2019	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
4	N. N. Duy, L. Xayavong, N. K. Uyen, Vinh N. T. Pham, T. V. Nhan Hao, <i>A numerical calculation of the nuclear spin-parity and magnetic moment based on single-particle Shell</i>	2019	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	

17/11/2019  
 ĐA  
 DU

	<i>Model, New Physics: Sae Mulli</i> <b>69, 1091-1100 (2019)</b>			
5	N. N. Duy, H. T. P. Thao, N. K. Uyen, <i>Examination of the Astrophysical-Rate Variations of the Key Reactions in the rp-Process due to Mass Uncertainties</i> , <b>Journal of the Korean Physical Society 76 (10), 881-888 (2020)</b>	2020	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
6	Vinh N. T. Pham, N. N. Duy, K. Y. Chae, N. Nhu Le, T. V. Nhan Hao, <i>A numerical calculation of the penetration factor and its application</i> , <b>Acta Physica Polonica B 51, 973 (2020)</b>	2020	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
7	N. N. Duy, H. T. P. Thao, <i>Evaluation of <math>\alpha</math>-decay half-life for measuring concentration of radioactive nuclei</i> , <b>New Physics: Sae Mulli 70(5), 424-431 (2020)</b> .	2020	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
8	N. Nhu Le, N. Quang Hung, K. Y. Chae, T. V. Nhan Hao, L. Tan Phuc, and N. Ngoc Duy, <i>Possible syntheses of unknown superheavy 309,312126 nuclei</i> , <b>Journal of radioanalytical and nuclear Chemistry 326, 1135-1149 (2020)</b>	2020	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
9	N. N. Duy, H. T. P. Thao, P. N. T. Vinh and N. T. T. Hoan, " <i>An Approximation of the Synthesis Cross Section for the Unknown</i>	2020	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	

	<i>126 th Element via 58 Ni+ 251 Cf and 64 Zn+ 248 Cm Combinations</i> ”, <b>Journal of the Korean Physical Society, 77(1), 25-31 (2020)</b>			
10	Nguyen Kim Uyen, Kyung Yuk Chae, Nguyen Ngoc Duy, Soo Mi Cha, Minsik Kwag, Kim Duhyun, Le Tan Phuc, Nguyen Quang Hung, Pham Dinh Khang, Nguyen Xuan Hai, Ho Huu Thang, and Nguyen Ngoc Anh, <i>Level scheme of <sup>164</sup>Dy obtained from <sup>163</sup>Dy(n, <math>\gamma</math>) experiment</i> , <b>Nuclear Physics A 1007, 122136 (2021)</b>	2021	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
11	L. Tan Phuc, N. Quang Hung, N. Dinh Dang, L. T. Quynh Huong, N. Ngoc Anh, N. Ngoc Duy, L. Ngoc Uyen, and N. Nhu Le, <i>Role of exact thermal pairing in radiative strength functions of <sup>161-163</sup>Dy nuclei</i> , <b>Physical Review C (Rapid Communication) 102, 061302(R) (2020)</b> .	2021	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
12	Cong, V. D., Xuan, T. D., Hai, N. X., Khang, P. D., Khiem, L. H., Hung, N. Q., & Anh, N. N. <i>Normalizing the enhanced generalized superfluid model of nuclear level density</i> . <b>The European Physical Journal A,</b>	2021	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	

15/11/2021  
 NK  
 OC  
 AI



	57(11), 1-16 (2021).			
13	Le, N. N., Cristallo, S., Vescovi, D., Phuc, L. T., & Hung, N. Q. <i>Maxwellian-averaged cross section of <math>^{181}\text{Ta}</math> (<math>n, \gamma</math>) reaction and its astrophysical implications. Nuclear Physics A, 122450 (2022).</i>	2022	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
14	N. N. Duy, N. N. Le, N. K. Uyen, <i>An Evaluation of Energy-loss Straggling Calculation of the LISE++ Code, Science &amp; Technology Development Journal, 22(4):409-414 (2019)</i>	2019	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
15	Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc và Nguyễn Ngọc Anh, “Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm mật độ mức và hàm lực bức xạ của hạt nhân nguyên tử tại Việt Nam”, <b>Tạp chí thông tin khoa học và công nghệ hạt nhân, 63, 9-15 (2020)</b>	2020	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	
16	Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Xuân Hải, Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc, Phạm Đình Khang, <i>Các tham số mật độ mức cập nhật của hạt nhân <math>^{153}\text{Sm}</math> trong mẫu khí Fermi dịch chuyển ngược, Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Việt Nam: Bản B 63(1), 6-10 (2021)</i>	2021	Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân	





17	<p>Nguyễn Ngọc Anh, Nguyễn Xuân Hải, Trần Anh Khôi, Nguyễn Quang Hưng, Lê Tấn Phúc, Phạm Đình Khang, Đinh Thị Tường Quy, Cao Minh Nhân, <i>Phân rã gamma nối tầng bậc hai từ trạng thái hợp phần về trạng thái cơ bản của hạt nhân <math>^{182}\text{Ta}</math>, Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ Việt Nam: 64(1) 1. 2022.</i></p>	2022	<p>Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân</p>	
18	<p>Nguyen Ngoc Anh, Le Tan Phuc, Nguyen Xuan Hai, Nguyen Quang Hung, <i>Evaluation of some nuclear level density and radiative strength function models based on experimental two-step gamma-cascade intensities of <math>^{51}\text{V}(n_{th}, 2\gamma)^{52}\text{V}</math> reaction, HCMUE Journal of Science, Special Issue: natural Sciences and Technology (2022).</i></p>	2022	<p>Các cơ quan nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến Vật lý hạt nhân</p>	

## 2. Về những đóng góp mới của nhiệm vụ:

Đề tài cơ bản đã hoàn thành được các mục tiêu và nội dung dự kiến ban đầu. Các kết quả chính có thể được tóm tắt như sau:

- Đã phát triển thành công mô hình lý thuyết mô tả vi mô MĐM và HLBX dựa trên việc kết hợp lời giải chính xác bài toán kết cặp (EP) với các mô hình đơn hạt độc lập (IPM) và mô hình suy giảm phonon (PDM) tại nhiệt độ hữu hạn. Đã xây dựng 02 code chương trình tương ứng bằng ngôn ngữ Fortran và thực hiện tính toán MĐM và HLBX cho một loạt các hạt nhân mà nhóm Oslo đã trích xuất được từ phổ gamma thực nghiệm ghi nhận

được từ các phản ứng ( $^3\text{He}, ^3\text{He}$ ), ( $^3\text{He}, ^4\text{He}$ ), ( $p, d$ ), ( $d, p$ ), ( $p, p$ ),... Sự phù hợp tương đối tốt giữa kết quả tính toán lý thuyết và số liệu thực nghiệm đã cho thấy tiềm năng phát triển tiếp theo của mô hình lý thuyết mà chúng tôi đã phát triển trong khuôn khổ đề tài này. Đặc biệt, chúng tôi đã lần đầu tiên mô tả thành công HLBX của 3 hạt nhân  $^{161}\text{Dy}$  mà không cần sử dụng tới các HLBX của các cộng hưởng lưỡng cực pygmy (PDR) giúp giảm tới 8 tham số tự do so với các mô hình hiện tượng luận phổ biến đang được sử dụng. Các kết quả này cũng đã thể hiện rõ hơn vai trò của lời giải chính xác bài toán kết cặp tại nhiệt độ hữu hạn (EP) lên sự hình thành các cộng hưởng PDR như dự đoán trước đó trong công trình mà chúng tôi đã công bố trên Physical Review Letters năm 2017. Các kết quả này đã được công bố trên tạp chí ISI uy tín, tạp chí **Physical Review C (Rapid Communications)** năm 2020. Ngoài ra, các kết quả khác trong nội dung này cũng đã được công bố trên các tạp chí ISI uy tín khác như **Reports on Progress in Physics** năm 2019 và **Physical Review C** năm 2019.

- Đã thực hiện các quá trình chuẩn bị mẫu, chuẩn hệ đo, đo đạc thực nghiệm, và xử lý phổ gamma thu được từ phản ứng bắt neutron nhiệt ( $n_{th}, 2\gamma$ ) với 03 bia mẫu  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{51}\text{V}$ , và  $^{53}\text{Cr}$ , sử dụng hệ phổ kế trùng phùng gamma-gamma tại Viện NCHN Đà Lạt.
  - Đối với hạt nhân  $^{182}\text{Ta}$ , chúng tôi đã xây dựng được một phần sơ đồ mức của hạt nhân này, trong đó đã xác định được thứ tự của 20 cặp chuyển rời gamma nối tầng từ trạng thái hợp phần về trạng thái cơ bản. Trong số 20 cặp chuyển rời này, có 17 chuyển rời sơ cấp, 01 chuyển rời thứ cấp và 20 mức kích thích trung gian hoàn toàn phù hợp với số liệu trong thư viện ENSDF. Ngoài ra, có 03 chuyển rời sơ cấp và 19 chuyển rời thứ cấp hiện chưa có trong thư viện ENSDF và được coi là các số liệu mới được phát hiện trong thí nghiệm của chúng tôi. Chúng tôi cũng đã lần đầu tiên xác định được dải spin khả dĩ (2, 3, 4)  $\hbar$  của 04 mức kích thích trung gian chưa được ghi nhận trong thư viện ENSDF. Các kết quả mới này có ý nghĩa quan trọng trong việc hoàn thiện sơ đồ mức của hạt nhân  $^{182}\text{Ta}$ . Các kết quả này cũng đã được công bố trên tạp chí quốc gia uy tín, **tạp chí Khoa học Công nghệ Việt Nam bản B** của Bộ Khoa học và Công nghệ năm 2022.
  - Đối với hạt nhân  $^{52}\text{V}$ , chúng tôi đã xác định được 36 cặp chuyển rời nối tầng từ trạng thái hợp phần về 2 trạng thái cuối có thể được đưa vào sơ đồ mức, trong đó 20 mức kích thích trung gian ghi nhận được phù hợp với số liệu trong thư viện ENSDF và 02 mức kích thích mới chưa được ghi nhận trong thư viện.



- Đối với hạt nhân  $^{54}\text{Cr}$ , 32 cặp chuyển dời nổi tầng đã được phát hiện. Trong đó 20 cặp chuyển dời nổi tầng đã được xác nhận bởi thư viện dữ liệu ENSDF và 12 cặp còn lại được xem là dữ liệu mới hoàn toàn và có đóng góp rất quan trọng trong cơ sở dữ liệu thực nghiệm cũng như việc trích xuất MDM và HLBX thực nghiệm của hạt nhân này.
- Ngoài ra, chúng tôi cũng mở rộng thêm trong nội dung này của đề tài bằng việc nghiên cứu sơ đồ mức của hạt nhân  $^{164}\text{Dy}$  với bia mẫu  $^{163}\text{Dy}$  do nhóm Hàn Quốc cung cấp. Dựa trên các kết quả phân tích, chúng tôi đã xác định được tổng cộng 64 dịch chuyển gamma sơ cấp tương ứng với 64 mức kích thích trung gian và 132 dịch chuyển gamma thứ cấp trong sơ đồ mức của hạt nhân này. Trong số các mức kích thích và dịch chuyển gamma phát hiện được, có 20 dịch chuyển gamma sơ cấp cùng 51 mức kích thích trung gian và 63 dịch chuyển gamma thứ cấp phù hợp với số liệu hiện có trong thư viện ENSDF. Các số liệu còn lại gồm 44 dịch chuyển sơ cấp, 13 mức kích thích trung gian, và 69 dịch chuyển thứ cấp được xác định là mới. Các kết quả này đã được công bố trên tạp chí quốc tế uy tín, **tạp chí Nuclear Physics A năm 2021**.
- Đã phát triển thuật toán và code chương trình trích xuất MDM và HLBX từ phổ gamma thực nghiệm của 2 hạt nhân  $^{182}\text{Ta}$  và  $^{52}\text{V}$  đã đo đạc được. Thuật toán trích xuất dựa trên ý tưởng rằng phân bố cường độ phân rã gamma nổi tầng bậc hai (phổ TSC) thực nghiệm phụ thuộc đồng thời vào cả MDM và HLBX. Theo ý tưởng này, chúng tôi đã xây dựng code chương trình dựa trên phương pháp Monte Carlo để tìm các lời giải khả dĩ cho MDM và HLBX với các hàm phân bố dự đoán đầu vào cho trước. Các giá trị MDM và HLBX khả dĩ sau đó được chuẩn hoá lại về các số liệu thực nghiệm đã biết, tương tự như phương pháp mà nhóm Oslo đã phát triển. Các kết quả thu được cho thấy rằng có sự phù hợp giữa MDM trích xuất được với số liệu của nhóm Oslo trong vùng năng lượng thấp dưới khoảng 1 MeV của hạt nhân  $^{182}\text{Ta}$ . Đối với MDM của  $^{52}\text{V}$ , kết quả trích xuất được phù hợp với thực nghiệm của nhóm Oslo cho hạt nhân gần kề  $^{50}\text{V}$  trong vùng năng lượng dưới khoảng 2,5 MeV. Với HLBX của  $^{182}\text{Ta}$ , kết quả trích xuất thấp hơn khá nhiều so với số liệu của nhóm Oslo, tuy nhiên HLBX MI trích xuất được có sự phù hợp rất tốt với tính toán từ mô hình EP+PDM. Đối với HLBX của  $^{52}\text{V}$ , số liệu trích xuất được phù hợp với số liệu của nhóm Oslo cho 2 hạt nhân lân cận  $^{50,51}\text{V}$  trong vùng năng lượng dưới khoảng 4 MeV. Đối với hạt nhân  $^{54}\text{Cr}$  được đo từ bia mẫu  $^{53}\text{Cr}$ , MDM thu

được từ thực nghiệm của chúng tôi khá phù hợp với các tiên đoán từ các phương pháp lý thuyết như EP+IPM, HFBC và HFBCS. HLBX thu được từ thực nghiệm của hạt nhân này khá phù hợp với các mô hình HFB và EP+PDM ở vùng năng lượng cao. Một kết quả rất thú vị trong HLBX trích xuất được của các hạt nhân nhẹ là hiện tượng bẻ ngược (upbend) được quan sát thấy rất rõ trong vùng năng lượng dưới khoảng 2 MeV. Sự chênh lệch giữa kết quả trích xuất MDM và HLBX theo phương pháp mà chúng tôi đề xuất trong đề tài này với số liệu của nhóm Oslo trong vùng năng lượng trung bình và cao có thể xuất phát từ nguyên nhân là bộ hàm cơ sở đầu vào của chúng tôi chưa được tối ưu, còn thiếu một số cộng hưởng quan trọng mà chúng tôi chưa dự đoán được. Chúng tôi vẫn đang tiếp tục phát triển thuật toán tìm kiếm bộ hàm cơ sở đầu vào tốt nhất, có thể sẽ sử dụng tới các công cụ trí tuệ nhân tạo (AI) để hỗ trợ trong thời gian tới.

- Đã ứng dụng các kết quả tính toán MDM và HLBX theo mô hình EP+IPM và EP+PDM làm đầu vào cho code chương trình TALYS để nghiên cứu quá trình tổng hợp (nucleosynthesis) của 4 hạt nhân  $^{183}\text{W}$ ,  $^{182}\text{Ta}$ ,  $^{52}\text{V}$ , và  $^{54}\text{Cr}$  theo chu trình bắt neutron (*s*-process) trong vật lý hạt nhân thiên văn. Cụ thể, chúng tôi đã tính toán thành công tiết diện bắt neutron, tiết diện trung bình MACS theo nhiệt độ của sao, và suất phản ứng của phản ứng  $^{181}\text{Ta}(n,\gamma)^{182}\text{Ta}$  và  $^{182}\text{W}(n,\gamma)^{183}\text{W}$ . Các kết quả tính toán phù hợp rất tốt với số liệu thực nghiệm. Dựa trên các kết quả này, chúng tôi phối hợp với nhóm FRUITY của Ý để tính toán độ phổ cập đồng vị và tương quan giữa các tỷ số đồng vị  $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ ,  $^{186}\text{W}/^{184}\text{W}$  với  $^{183}\text{W}/^{184}\text{W}$  trong môi trường sao AGB có khối lượng bằng 2 lần khối lượng mặt trời và độ kim loại (metallicity) = 0,01, sử dụng code chương trình FUNS phiên bản mới nhất (có tính tới hiệu ứng từ trường do sự quay của sao). Các kết quả tính toán tương quan giữa tỷ số  $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$  với  $^{183}\text{W}/^{184}\text{W}$  cho thấy sự phù hợp với số liệu thực nghiệm đo được trong các đám bụi sao tiền mặt trời có chứa các hạt silicon carbon (presolar stardust SiC grains) tìm thấy trong mẫu thiên thạch Murchison (phát hiện được tại vùng Murchison, thành phố Victoria, Úc năm 1969). Kết quả này, vừa được công bố trên tạp chí **Nuclear Physics A năm 2022**, cho thấy tiềm năng ứng dụng của mô hình MDM và HLBX mà chúng tôi đã phát triển trong khuôn khổ đề tài này trong một số nghiên cứu về thiên văn hạt nhân. Chúng tôi tiếp tục mở rộng tính toán cho tiết diện bắt neutron, tiết diện trung bình MACS, và suất phản ứng của các phản ứng  $^{51}\text{V}(n,\gamma)^{52}\text{V}$  và  $^{53}\text{Cr}(n,\gamma)^{54}\text{Cr}$ . Kết quả tính toán cho thấy việc sử dụng MDM và HLBX từ mô hình EP+IPM và EP+PDM cho kết quả tiết diện bắt neutron phù hợp với số liệu thực nghiệm



trong khi đó nếu sử dụng mô hình HFBT trong thư viện số liệu của TALYS thì tiết diện thu được lệch khá nhiều với số liệu thực nghiệm. Đây là những kết quả rất thú vị, càng khẳng định tính vi mô và tính chính xác của mô hình EP+IPM và EP+PDM mà chúng tôi đã phát triển trong khuôn khổ đề tài này. Các kết quả này đang được tổng hợp để viết bài báo gửi công bố trên tạp chí ISI uy tín cao trong chuyên ngành như Physical Review C (Letters). Việc tính tỷ số đồng vị  $^{54}\text{Cr}/^{52}\text{Cr}$  còn gặp khó khăn do nhóm FRUITY chưa có thời gian hỗ trợ. Chúng tôi đang cố gắng tìm các phương hướng khác để chủ động trong việc tính toán này. Ước lượng bước đầu dựa theo kết quả tính suất phản ứng  $^{53}\text{Cr}(n,\gamma)^{54}\text{Cr}$  cao hơn suất phản ứng  $^{51}\text{V}(n,\gamma)^{52}\text{V}$  khoảng 2-3 lần cho thấy tỷ số  $^{54}\text{Cr}/^{52}\text{Cr}$  cũng sẽ thay đổi trong khoảng 2,0 tới 3,0 trong chu trình s-process.

Đề tài đã công bố 18 công trình trong đó có 13 công trình quốc tế có lượng kiến thức mới lớn và chất lượng cao và 4 công trình đăng tạp chí trong nước uy tín và 01 công trình trên tạp chí thông tin chuyên ngành hạt nhân. Chúng tôi kính mong Bộ KH-CN tiếp tục đồng hành và hỗ trợ cho nhóm đề tài tiếp tục phát triển hướng nghiên cứu này.

### 3. Về hiệu quả kinh tế và xã hội của nhiệm vụ:

Đề tài góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu Vật lý hạt nhân về mặt lý thuyết và thực nghiệm trong nước. Phương pháp và kết quả của đề tài là nguồn tham khảo đáng tin cậy được sử dụng trong các cơ sở nghiên cứu và đào tạo trong nước, góp phần thúc đẩy các nghiên cứu chuyên ngành hạt nhân và đào tạo nguồn nhân lực với trình độ chuyên môn cao. Hỗ trợ đào tạo học viên cao học và nghiên cứu sinh tiến sĩ trong nước với chất lượng cao và tiết kiệm thời gian cũng như chi phí so với việc cử đi học ở nước ngoài.

Các công bố quốc tế uy tín như ISI, Scopus của đề tài đóng góp nguồn tri thức mới cho xã hội và nâng cao chất lượng học thuật của Việt Nam trên trường quốc tế.

Đề tài cũng góp phần thúc đẩy việc hợp tác nghiên cứu chuyên sâu giữa các cơ sở nghiên cứu và đào tạo trong ngoài nước. Đề tài tăng cường sự kết nối chặt chẽ và cùng phát triển giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm Vật lý hạt nhân trong nước.

## III. Tự đánh giá, xếp loại kết quả thực hiện nhiệm vụ

### 1. Về tiến độ thực hiện: (đánh dấu X vào ô tương ứng):

- Nộp hồ sơ đúng hạn



JA  
NG  
OC  
TAN



- Nộp chậm từ trên 30 ngày đến 06 tháng
- Nộp hồ sơ chậm trên 06 tháng

2. Về kết quả thực hiện nhiệm vụ:

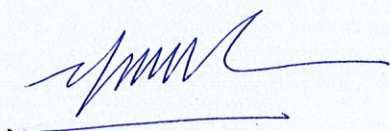
- Xuất sắc
- Đạt
- Không đạt

Đề tài đã hoàn thành các nội dung nghiên cứu, đáp ứng đầy đủ số lượng, chủng loại và chất lượng các sản phẩm như theo đặt hàng của Bộ Khoa học và Công nghệ. Qua đó, đề tài hoàn thành mục tiêu đề ra trong thuyết minh và hợp đồng. Do đại dịch Covid-19 xuất hiện và kéo dài từ 2020 đến nay với nhiều đợt bùng phát phức tạp và nghiêm trọng có làm trì trệ các nội dung thực nghiệm và đấu thầu mua vật liệu. Tuy nhiên, dựa trên sự nỗ lực của nhóm nghiên cứu cũng như sự hỗ trợ tích cực từ cơ quan chủ trì và Văn phòng Chương trình cũng như Vụ XNT mà các mục tiêu này đã được hoàn thành đúng hạn. Các hạng mục công tác trong nước, đoàn ra, đoàn vào và tổ chức hội nghị khoa học bị gián đoạn từ 2020 do đại dịch. Để khắc phục tình trạng này mà vẫn đảm bảo chất lượng khoa học và hoàn thành mục tiêu đề tài, chúng tôi đã chuyển sang hình thức thảo luận và hợp tác trực tuyến. Chất lượng của đề tài được khẳng định qua các công bố ISI, Scopus cũng như các công bố trên tạp chí uy tín trong nước.

Chúng tôi cam đoan nội dung của Báo cáo là trung thực; Chủ nhiệm và các thành viên tham gia thực hiện nhiệm vụ không sử dụng kết quả nghiên cứu của người khác trái với quy định của pháp luật.

**CHỦ NHIỆM NHIỆM VỤ**

(Học hàm, học vị, Họ, tên và chữ ký)



**TS. Lê Tấn Phúc**

**THỦ TRƯỞNG**

**TỔ CHỨC CHỦ TRÌ NHIỆM VỤ**

(Họ, tên, chữ ký và đóng dấu)



**HIỆU TRƯỞNG  
TS. Lê Nguyên Bảo**