**TRANG THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN**

Tên đề tài luận án: *Ảnh hưởng của hiệu ứng kết cặp và các dao động tập thể lên cấu trúc một số hạt nhân hình cầu tại nhiệt độ bằng không và nhiệt độ hữu hạn*

Ngành: Vật lý Nguyên tử và Hạt nhân

Mã số ngành: 62 44 05 01

Họ tên nghiên cứu sinh: Lê Tấn Phúc

Khóa đào tạo: K26/2016

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Nguyễn Quang Hưng

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG.HCM

**1. TÓM TẮT NỘI DUNG LUẬN ÁN:**

Luận án đề xuất một mô hình vi mô và tự hợp hoàn toàn để nghiên cứu ảnh hưởng của tương quan kết cặp và các dao động tập thể lên cấu trúc của hạt nhân tại nhiệt độ bằng không và nhiệt độ hữu hạn. Mô hình lý thuyết trong luận án dựa trên phương pháp trường trung bình Hartree-Fock của hạt nhân với tương tác Skyrme hiệu dụng. Hiệu ứng kết cặp được đưa vào trường trung bình một cách tự hợp thông qua lý thuyết siêu dẫn BCS (phương pháp HFBCS) và lời giải chính xác bài toán kết cặp (phương pháp HFEP) nhằm mô tả các tính chất ở trạng thái cơ bản của hạt nhân. Tiếp theo đó, các phương pháp HF, HFBCS, và HFEP được mở rộng tại nhiệt độ khác không dựa trên tập hợp thống kê đại chính tắc (phương pháp FTHF và FTBCS) và chính tắc (FTEP) nhằm mô tả các tính chất của hạt nhân tại nhiệt độ hữu hạn. Cuối cùng, phương pháp HFEP được kết hợp một cách hoàn toàn tự hợp với phương pháp gần đúng pha ngẫu nhiên (phương pháp SC-HFEPRPA) để mô tả các trạng thái thích thích thấp cũng như các cộng hưởng khổng lồ lưỡng cực của hạt nhân. Thông qua đó, ảnh hưởng của hiệu ứng kết cặp và các dao động tập thể (tập trung vào dao động lưỡng cực khổng lồ) lên cấu trúc một số hạt nhân hình cầu có khối lượng từ nhẹ tới nặng như 22, 24, 28O, 34Si, 60Ni và 90Zr tại nhiệt độ bằng không và nhiệt độ hữu hạn được khảo sát.

**2. NHỮNG KẾT QUẢ MỚI CỦA LUẬN ÁN:**

Phương pháp HFEP đã được áp dụng thành công trong việc mô tả các tính chất của một số hạt nhân hình cầu (đặc biệt là các hạt nhân giàu neutron) tại trạng thái cơ bản như năng lượng liên kết riêng, bán kính hạt nhân và mật độ hạt nhân. Ưu điểm của phương pháp HFEP là số hạt của hệ được bảo toàn một cách chính xác và nhờ đó khắc phục được hoàn toàn hạn chế về sự không bảo toàn số hạt trong các lý thuyết HFBCS và Hartree-Fock-Bogoliubov.

Phương pháp HFEP với lực MSk3 cũng được sử dụng để khảo sát thành công cấu trúc bong bóng trong mật độ neutron và proton của hai hạt nhân tương ứng là 22O và 34Si tại trạng thái cơ bản. Đặc biệt, lần đầu tiên, số chiếm đóng của proton trên mức đơn hạt 2s1/2 thu được từ tính toán HFEP cho hạt nhân 34Si phù hợp rất tốt với số liệu thực nghiệm được công bố gần đây.

Các phương pháp HF, HFBCS, và HFEP được mở rộng tại nhiệt độ hữu hạn, sử dụng các tập hợp thống kê nhiệt động học chính tắc và đại chính tắc (các phương pháp FTHF, FTBCS, và FTEP). Kết quả thu được từ các phương pháp này cho thấy xu hướng tăng lên của các mức năng lượng đơn hạt và bán kính hạt nhân theo nhiệt độ, hoàn toàn phù hợp với các kết quả đã công bố trước đây. Ngoài ra, chúng tôi đã lần đầu tiên chỉ ra trong luận án rằng cấu trúc bong bóng trong các hạt nhân 22O và 34Si sẽ yếu đi và dần biến mất khi nhiệt độ tăng lên.

Phương pháp SC-HFEPRPA đã giải quyết thành công hai nhược điểm chính đã tồn tại từ hơn 20 năm nay của các phương pháp gần đúng dựa trên RPA, cụ thể là: phục hồi nguyên lý Pauli không được bảo toàn trong phương pháp RPA truyền thống và bảo toàn quy tắc tổng trọng số năng lượng khi tái chuẩn hóa phương pháp RPA. Ngoài ra, chúng tôi đã lần đầu tiên quan sát thấy hiệu ứng phản kết cặp và sự tăng cường của cộng hưởng lưỡng cực Pygmy xảy ra trong các tính toán SC-HFEPRPA với các hạt nhân nhẹ và giàu neutron.

Các kết quả của luận án đã được công bố thông qua 2 bài báo quốc tế thuộc danh mục các tạp chí ISI uy tín là Physical Review C (SCI, Q1, IF2019= 2.988). Ngoài ra, các kết quả của luận án cũng được trình bày trong một số hội nghị quốc gia và quốc tế.

**3. CÁC ỨNG DỤNG/ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG THỰC TIỄN HAY NHỮNG VẤN ĐỀ CÒN BỎ NGỎ CẦN TIẾP TỤC NGHIÊN CỨU**

Trong tương lai, chúng tôi sẽ mở rộng phương pháp HFEP và SC-HFEPRPA để nghiên cứu cấu trúc của các hạt nhân biến dạng (deformed nuclei) tại cả nhiệt độ bằng không và nhiệt độ hữu hạn. Chúng tôi sẽ đặc biệt chú trọng tới cấu trúc của các hạt nhân lạ nằm rất xa đường bền (exotic nuclei). Ngoài ra, chúng tôi cũng sẽ tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của kết cặp lên các dao động tập thể khác như cộng hưởng khổng lồ đơn cực (GMR) và cộng hưởng khổng lồ tứ cực (GQR).

|  |  |
| --- | --- |
| **CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**  (Ký tên, họ tên)  PGS. TS. Nguyễn Quang Hưng | **NGHIÊN CỨU SINH**  (Ký tên, họ tên)  Lê Tấn Phúc |

**XÁC NHẬN CỦA CƠ SỞ ĐÀO TẠO**

**PHÓ HIỆU TRƯỞNG**

**THESIS INFORMATION**

Thesis title: *Effects of pairing and collective vibrational excitations on structure of some spherical nuclei at zero and finite temperatures*

Speciality: Atomic and Nuclear Physics

Code: 62 44 05 01

Name of PhD student: Le Tan Phuc

Academic year: K26/2016

Supervisor: Assoc. Prof. Nguyen Quang Hung

At: VNUHCM – University of Science

1. **SUMMARY:**

The present thesis proposes a microscopic and fully self-consistent approach to study the effects of pairing and collective vibrational excitations on the structure of some spherical nuclei at zero and finite temperatures. This theoretical method is based on the Hartree-Fock (HF) mean field and effective Skyrme interaction. The paring effect is incorporated in the nuclear mean field via the Bardeen-Cooper-Schrieffer theory (HFBCS) and the exact paring solution (HFEP) to describe the ground-state properties of nuclei. To study the nuclear properties at finite temperature, the HF, HFBCS, and HFEP are extended to finite temperature via the grand-canonical ensemble (FTHF and FTBCS) and the canonical ensemble (FTEP). Finally, the HFEP is self-consistently combined with the random-phase approximation (SC-HFEPRPA) to study the low-lying excited states and the nuclear giant dipole resonance. Based on the proposed methods, the effects of pairing and collective vibrational excitations on the structure of some spherical nuclei from light to heavy atomic mass such as 22, 24, 28O, 34Si, 60Ni and 90Zr at zero and finite temperatures are examined.

1. **NOVELTY OF THESIS:**

The HFEP has successfully described the ground-state properties of spherical nuclei (especially the neutron-rich nuclei) such as binding energy per nucleon, root-mean-square radii, and nucleon densities. Within the HFEP, the particle number is exactly conserved, resolving consequently the particle-number non-conserving problem within the HFBCS or HFB theory.

The HFEP with MSk3 interaction is used to describe well the proton and neutron bubbles in 22O and 34Si at zero temperature. In particular, for the first time, the experimental proton single-particle occupation number of 2s1/2 in the 34Si nucleus is well produced within the HFEP.

The HF, HFBCS, and HFEP are extended to finite temperature to study the structure of excited nuclei. Results obtained within the resulting FTHF, FTBCS, and FTEP methods show that the single-particle energies are increased with increasing temperature, in excellent agreement with the previous studies. Moreover, the disappearances of the bubble structures in 22O and 34Si are observed for the first time within these methods at given critical temperatures.

Two long-standing problems of the conventional RPA and the renormalized RPA, which are due to the violation of the Pauli principle and energy-weighted sum rule, are solved in the SC-HFEPRPA. On the other hand, the anti-pairing effect and the enhancement of Pygmy dipole resonance in the neutron-rich nuclei are also observed within the SC-HFEPRPA.

The results presented in the thesis have been published in 2 ISI papers in the Physical Review C ( SCI, Q1, IF2019= 2.988). These results have also been presented in several national and international conferences.

1. **APPLICATIONS/APPLICABILITY/PERSPECTIVE**

In our forthcoming studies, the HFEP and SC-HFEPRPA will be applied to study the structure of deformed nuclei at zero and finite temperatures with particular interests on the structure of exotic nuclei. Moreover, the effect of pairing correlation on the other collective vibrations such as giant monopole (GMR) and giant quadrupole resonances (GQR) will be also studied.

|  |  |
| --- | --- |
| **SUPERVISOR**  Assoc. Prof. Nguyen Quang Hung | **PhD Student**  Le Tan Phuc |

**CONFIMATION**

**UNIVERSITY OF SCIENCE**

**VICE PRESIDENT**