

# THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

1. Họ và tên nghiên cứu sinh: Phạm Duy Thành
2. Giới tính: Nam
3. Ngày sinh: 26/08/1999
4. Nơi sinh: Điện Biên
5. Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: 2448/QĐ-ĐHSPHN2 ngày 24/10/2023
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo: Thay đổi tên đề tài luận án theo quyết định số 2659/QĐ-ĐHSPHN2 ngày 13/12/2024
7. Tên đề tài luận án: Nghiên cứu tính chất nhiệt động của khí Bose loãng ở nhiệt độ cực thấp
8. Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và vật lý toán
9. Mã số: 9440103
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học: PGS.TS. Nguyễn Văn Thụ

11. Tóm tắt các kết quả mới của luận án:

- Đối với khí Bose loãng hai thành phần: Bằng cách sử dụng phương pháp gần đúng parabol kép (DPA) trong khuôn khổ lý thuyết Gross–Pitaevskii, chúng tôi đã xác định được hàm sóng ngưng tụ của hệ và đường tạo nhân (nucleation line) trong pha tiền dính ướt, đường tạo nhân cho thấy miền xuất hiện pha tiền dính ướt. Hơn nữa, kết quả nghiên cứu cũng cho thấy độ dày của lớp dính ướt tăng một cách tuyến tính theo thang logarithm của tỉ số thể hóa khi tiếp cận dần từ pha tiền dính ướt đến pha dính ướt hoàn toàn. Trong quá trình này góc tiếp xúc (góc bờ) giảm dần từ giá trị hữu hạn (dính ướt một phần) về giá trị 0 (dính ướt hoàn toàn).

- Đối với khí Bose loãng một thành phần: Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp tác dụng hiệu dụng CJT mô tả rất tốt các tính chất nhiệt động của khí Bose loãng không chỉ ở nhiệt độ không mà cả ở nhiệt độ hữu hạn. Độ dịch chuyển tương đối của nhiệt độ tới hạn dưới ảnh hưởng của tương tác giữa các phân tử khí được chúng tôi xác định cho thấy sự phù hợp tốt với kết quả thu được thông qua tính số theo phương pháp Monte Carlo. Hơn nữa, bằng cách áp dụng gần đúng Hartree–Fock cải tiến, chúng tôi thu được sự biến đổi liên tục, không đơn điệu của thể hóa ở lân cận nhiệt độ chuyển pha. Điều này khắc phục được hạn chế của gần đúng Hartree–Fock khi nó cho thấy thể hóa có bước nhảy phi vật lý tại nhiệt độ chuyển pha.

12. Khả năng ứng dụng thực tiễn: Mặc dù chưa có khả năng áp dụng trực tiếp vào thực tiễn, các kết quả của luận án cung cấp khuôn khổ lý thuyết và phương pháp phân tích có thể được vận dụng trong việc nghiên cứu các hệ ngưng tụ Bose–Einstein, vật liệu lượng tử và các hiện tượng bề mặt ở nhiệt độ thấp trong tương lai.

13. Các hướng nghiên cứu tiếp theo:

Các kết quả nghiên cứu về hiện tượng chuyển pha ướt trong luận án nằm trong khuôn khổ lý thuyết trường trung bình GP, có nghĩa là, chúng tôi đã không xem xét đến sự suy giảm ngưng tụ do thăng giáng lượng tử và kích thích nhiệt. Điều này có thể dẫn tới sự sai khác lớn so với thực nghiệm khi hệ chưa đủ lạnh, cụ thể là có nhiệt độ đủ thấp so với nhiệt độ tới hạn. Ngoài ra, điều kiện biên tường cứng chỉ là một mô hình lý tưởng, và trong thực nghiệm hiện nay có thể chưa thể chế tạo được những tường có độ cứng lý tưởng như vậy. Tiếp tục phát triển các kết quả thu được trong luận án này, chúng tôi dự kiến một số vấn đề nghiên cứu tiếp theo như sau:

- Tại nhiệt độ không: chúng tôi nghiên cứu các giải pháp thay thế tường cứng để định hướng quan sát được hiện tượng dính ướt của BEC trong thực nghiệm.

- Tại nhiệt độ hữu hạn: đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ lên năng lượng bề mặt, qua đó xem xét ảnh hưởng của nó đến chuyển pha ướt của hệ BEC.

14. Các công trình công bố liên quan đến luận án:

[1] Nguyen Van Thu & **Pham Duy Thanh**, (2024). Phenomenological analogy between Gross–Pitaevskii theory for Bose–Einstein and Newton equation for classical mechanics. *VNU Journal of Science: Mathematics – Physics*, 40(2), 100-105.

[2] Nguyen Van Thu & **Pham Duy Thanh**, (2024). Effect of nonzero temperature to non-condensed fraction of a homogeneous dilute weakly interacting Bose gas. *Physics Letters A*, 523, 129787.

[3] **Pham Duy Thanh** & Nguyen Van Thu, (2024). Static properties of prewetting phase in binary mixtures of Bose–Einstein condensates. *International Journal of Theoretical Physics*, 63(12), 315.

[4] **Pham Duy Thanh**, Tran Ky Vi & Nguyen Van Thu, (2025). Phenomenological analogy between Gross–Pitaevskii theory for Bose–Einstein condensate mixtures in infinite space and classical mechanics. *HNUE Journal of Science: Natural Science*, 70(1), 25-35.

[5] **Pham Duy Thanh** & Dang Thanh Hai, (2025). The interface position of a Bose–Einstein condensate mixture restricted by a hard wall in double-parabola approximation. *Dalat University Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 15(3S), 33-43.

[6] Nguyen Van Thu, **Pham Duy Thanh** & Lo Thi Thuy, (2025). Transition temperature and thermodynamic properties of homogeneous weakly interacting Bose gas in self-consistent Popov approximation. *Physica B: Condensed Matter*, 713, 417356.

[7] **Pham Duy Thanh** & Nguyen Van Thu, (2025). The thermodynamic contact angle in prewetting phase of a binary Bose–Einstein condensate mixture. *HNUE Journal of Science: Natural Science*, 70(3), 35-46.

[8] Nguyen Van Thu & **Pham Duy Thanh**, (2026). Thermodynamic properties of repulsive weakly interacting Bose gas at sufficiently low temperature. *International Journal of Modern Physics B*, accepted for publication.

Ngày 27 tháng 02 năm 2026

**Người hướng dẫn luận án**

**Nghiên cứu sinh**

**PGS.TS. Nguyễn Văn Thu**

**Phạm Duy Thành**