

CÁC KẾT QUẢ CHÍNH CỦA LUẬN ÁN

Kết quả luận án góp phần bổ sung những hiểu biết về tính chất của hệ BEC một thành phần cũng như hai thành phần. Những kết quả chính có thể tóm lược như sau:

1. Đối với khí Bose loãng hai thành phần: các tính chất của pha tiền dính ướt được nghiên cứu đầy đủ bằng cách sử dụng DPA trong lý thuyết GP. Nghiên cứu của chúng tôi chỉ ra rằng trong pha tiền dính ướt, bề 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). Những vấn đề này cung cấp những thông tin hữu ích cho việc thiết kế thực nghiệm để quan sát chuyển pha ướt trong BEC.

2. Đối với khí Bose loãng một thành phần:

- Nghiên cứu của chúng tôi chỉ ra rằng 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 mà chúng tôi thu được phù hợp tốt với kết quả tương ứng thu được thông qua tính số theo phương pháp Monte Carlo. Kết quả mà chúng tôi thu được trong gần đúng một vòng và gần đúng hai vòng khá phù hợp nhau.

- Sử dụng phương pháp tác dụng hiệu dụng CJT trong gần đúng Hartree–Fock cải tiến cho kết quả rất tốt về tính chất nhiệt động của khí Bose loãng. Đặc biệt là mô tả 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 lý thuyết Hartree–Fock khi nó cho thấy thể hóa có bước nhảy phi vật lý tại nhiệt độ chuyển pha.

MAIN RESULTS OF THE DOCTORAL THESIS

In this doctoral thesis, we have obtained several important results that contribute to the understanding of the properties of both single-component and two-component Bose–Einstein condensate (BEC) systems. The main outcomes can be summarized as follows:

1. For the two-component dilute Bose gas: The properties of the prewetting phase are thoroughly investigated using the double parabola approximation (DPA) within the Gross–Pitaevskii (GP) theory. Our study shows that, in the prewetting phase, the thickness of the wetting layer increases linearly with the logarithm of the ratio of the chemical potentials as the system approaches the fully wetting phase. During this process, the contact angle decreases from a finite value (partial wetting) to zero (complete wetting). These findings will contribute to the design of experiments aimed at observing the wetting phase transition in BECs.

2. For the single-component dilute Bose gas:

- Our study shows that the Cornwall–Jackiw–Tomboulis (CJT) effective action framework describes very well the thermodynamic properties of dilute Bose gases not only at zero temperature but also at finite temperature. The relative shift of the critical temperature due to interparticle interactions obtained in this work agrees well with the corresponding results from numerical Monte Carlo simulations. The results obtained within the one-loop and two-loop approximations are also found to be in good agreement with each other.

- The use of the CJT effective action in the improved Hartree–Fock (IHF) approximation yields very good results for the thermodynamic properties of dilute Bose gases, especially the continuous and non-monotonic behavior of the chemical potential near the phase-transition temperature. This resolves the limitation of the standard Hartree–Fock theory, which predicts an unphysical discontinuity in the chemical potential at the transition point.