

ДО ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ТЕОРІЇ КВАНТОВИХ РІДИН З КОНФОРМАЦІЙНИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДИ

Рожков О.А.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Ця робота є продовженням теоретичного дослідження, що проводилося раніше та докладалося на конференції. З тих пір була побудована гідродинаміка надплинної рідини з конформаційними степенями свободи. В роботі [1] наведена класифікація станів надплинного гелію-3 серед яких є А-, А₁- подібні фази, в яких реалізується спонтанне порушення симетрій відносно усіх фазових перетворень. У цих фазах реалізуються стани, у яких слід вважати на суттєвий вплив на гідродинаміку форми та розміру куперівської пари. В куперівській парі відстань поміж складовими істотно більша ніж розмір атомів, що дозволяє розглядати її як деяку «молекулу», що має форму і розмір. У роботі побудовано гідродинаміку надплинної рідини з конформаційними степенями свободи, яка базується на фермі-рідинному підході. Під конформаційними степенями свободи слід розуміти параметри, що зв'язані з формою й розміром куперівської пари. При цьому використовувались симетрійні уявлення про природу виникнення надплинних фаз рідкого гелію -3.

З цією метою введено нові оператори параметрів порядку (ОПП), що побудовані з скалярного та тензорного ОПП надплинного гелію:

$$\hat{\eta}_{\alpha k}(\mathbf{x}) = i(\hat{\Delta}^+(\mathbf{x})\hat{\Delta}_{\alpha k}(\mathbf{x}) - \hat{\Delta}_{\alpha k}^+(\mathbf{x})\hat{\Delta}(\mathbf{x})), \quad \hat{\eta}_{\alpha k}(\mathbf{x}) = i(\hat{\Delta}(\mathbf{x})\hat{\Delta}_{\alpha k}^+(\mathbf{x}) - \hat{\Delta}_{\alpha k}(\mathbf{x})\hat{\Delta}^+(\mathbf{x})),$$

$$\hat{\chi}_{\alpha k}(\mathbf{x}) = \hat{\Delta}^+(\mathbf{x})\hat{\eta}_{\alpha k}(\mathbf{x}).$$

Оператори $\hat{\eta}$, $\hat{\chi}$ емітові. Ці оператори вдовольняють відомим комутаційним співвідношенням. З цих операторів можна сконструювати допоміжні термодинамічні параметри - спіновий та просторові одиничні вектори:

$$d_{\alpha}(\mathbf{x}) = D_{\alpha}(\mathbf{x})/D(\mathbf{x}), \quad D_{\alpha}(\mathbf{x}) = \varepsilon_{\alpha\beta\gamma} \eta_{\beta k}(\mathbf{x}) \bar{\eta}_{\gamma k}(\mathbf{x}), \quad D^2(\mathbf{x}) = D_{\beta}(\mathbf{x})D_{\beta}(\mathbf{x}).$$

$$m_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \{1 + \xi(\mathbf{x}, \hat{\rho}) \bar{\xi}(\mathbf{x}, \hat{\rho})\}^{-1/2} (\xi_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) + \bar{\xi}_i(\mathbf{x}, \hat{\rho})),$$

$$n_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \{1 - \xi(\mathbf{x}, \hat{\rho}) \bar{\xi}(\mathbf{x}, \hat{\rho})\}^{-1/2} (\bar{\xi}_i(\mathbf{x}, \hat{\rho}) - \xi_i(\mathbf{x}, \hat{\rho})),$$

де $\xi_i = a_i/a$, $\bar{\xi}_i = b_i/b$. Такі вектори вводяться для опису гідродинаміки He-A. Крім того слід ввести конформаційні параметри що відповідають формі та розміру:

$$q(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = \frac{1}{2} (1 - \xi(\mathbf{x}, \hat{\rho}) \bar{\xi}(\mathbf{x}, \hat{\rho})),$$

$$u(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = 2a(\mathbf{x}, \hat{\rho})(1 - q(\mathbf{x}, \hat{\rho}))^{1/2}, \quad v(\mathbf{x}, \hat{\rho}) = 2b(\mathbf{x}, \hat{\rho})q^{1/2}(\mathbf{x}, \hat{\rho})$$

где $a(\mathbf{x}, \hat{\rho})$, $b(\mathbf{x}, \hat{\rho})$ модулі дійсної та уявної частин параметрів порядку.

Таким чином рівноважний стан розглянутої рідини характеризується набором адитивних інтегралів руху й допоміжними термодинамічними параметрами які відрізняють цю фазу від інших.

Література:

1. Classification of spatially-nonuniform equilibrium states of superfluids.-M.Yu. Kovalevsky, A.A. Rozhkov et al., ВАНТ,2001, в.6, с. 351-355.