

**Влияние граничных условий для рассеяния квазичастиц  $^3\text{He}$  на сверхтекучесть  $^3\text{He}$  в анизотропном аэрогеле**В.В. Дмитриев<sup>1</sup>, А.А. Солдатов<sup>1,2</sup>, А.Н. Юдин<sup>1</sup><sup>1</sup>Институт физических проблем им. П.Л. Капицы Российской академии наук<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

В зависимости от внешних условий (температуры, давления, магнитного поля) в объемном  $^3\text{He}$  реализуются только три сверхтекучие фазы из 18 возможных [1]: А, А<sub>1</sub>, В. Свойства чистого  $^3\text{He}$  в настоящее время хорошо изучены. Представляет интерес изучение влияния примесей на сверхтекучесть  $^3\text{He}$ . В качестве примесей исследователи используют аэрогели высокой пористости. В первых экспериментах с  $^3\text{He}$  в аэрогеле использовался изотропный кремниевый аэрогель. Он имеет диаметр нитей ~3 нм и расстояние между нитями ~50–100 нм. Также как и в объемном  $^3\text{He}$ , в  $^3\text{He}$  в кремниевом аэрогеле реализуются только А и В фазы. Новый тип аэрогеля – "нематически упорядоченный" аэрогель (Н-аэрогель). Он состоит из нитей, ориентированных вдоль одного направления, и соответствует бесконечному растяжению изначально изотропного образца аэрогеля. Теоретически было предсказано [2], что в такого типа аэрогеле может стабилизироваться принципиально новая сверхтекучая фаза – полярная фаза. В первых образцах Н-аэрогеля – "Обнинском аэрогеле", нити которого состоят из AlOOH – доказательств существования полярной фазы найдено не было. Однако, в нафене [3] (см. рис. 1) – более плотном и упорядоченном Н-аэрогеле, нити которого состоят из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – полярная фаза реализуется [4] в широком диапазоне температур и давлений ниже температуры сверхтекучего перехода в аэрогеле T<sub>ca</sub> (рис. 2). В этих экспериментах нити аэрогеля были предварительно покрыты 2.5 монослоями  $^4\text{He}$ . В этом случае рассеяние квазичастиц на нитях аэрогеля должно быть зеркальным или хотя бы частично зеркальным [5].

Здесь мы представляем результаты экспериментов с  $^3\text{He}$  в тех же образцах нафена, что и в работе [4], но без предварительного покрытия его  $^4\text{He}$ . Отсутствие  $^4\text{He}$  на нитях аэрогеля должно привести к тому, что характер рассеяния квазичастиц изменится и станет диффузным. Было обнаружено, что в этом случае температуры сверхтекучего перехода  $^3\text{He}$  значительно более подавлены, чем в случае с нафеном, предварительно покрытом  $^4\text{He}$  (рис. 3). Более того, в  $^3\text{He}$  в нафене без покрытия  $^4\text{He}$  полярная фаза уже не реализуется даже вблизи T<sub>ca</sub>. Наши исследования показывают, что свойства сверхтекучего  $^3\text{He}$  в сильно анизотропном аэрогеле зависят от граничных условий для рассеяния квазичастиц  $^3\text{He}$  на нитях аэрогеля.

## Литература

1. Vollhardt D., Wölfle P. The Superfluid Phases of Helium 3. – London: Taylor & Francis, 1990. – 560 p.
2. Aoyama K., Ikeda R. Anisotropic strong coupling effects in superfluid  $^3\text{He}$  in aerogel. – Phys. Rev. B. – 2006. – V. 73. – P. 060504.
3. Асадчиков В.Е. [et al.] Структура и свойства "нематически упорядоченных" аэрогелей. – Письма в ЖЭТФ. – 2015. – V. 101. – P. 613.
4. Dmitriev V.V. [et al.] Polar phase of superfluid  $^3\text{He}$  in anisotropic aerogel. – arXiv:1507.04275. – 2015.
5. Freeman M.R., Richardson R.C. Size effects in superfluid  $^3\text{He}$  films. – Phys. Rev. B. – 1990. – V. 41. – P. 11011.

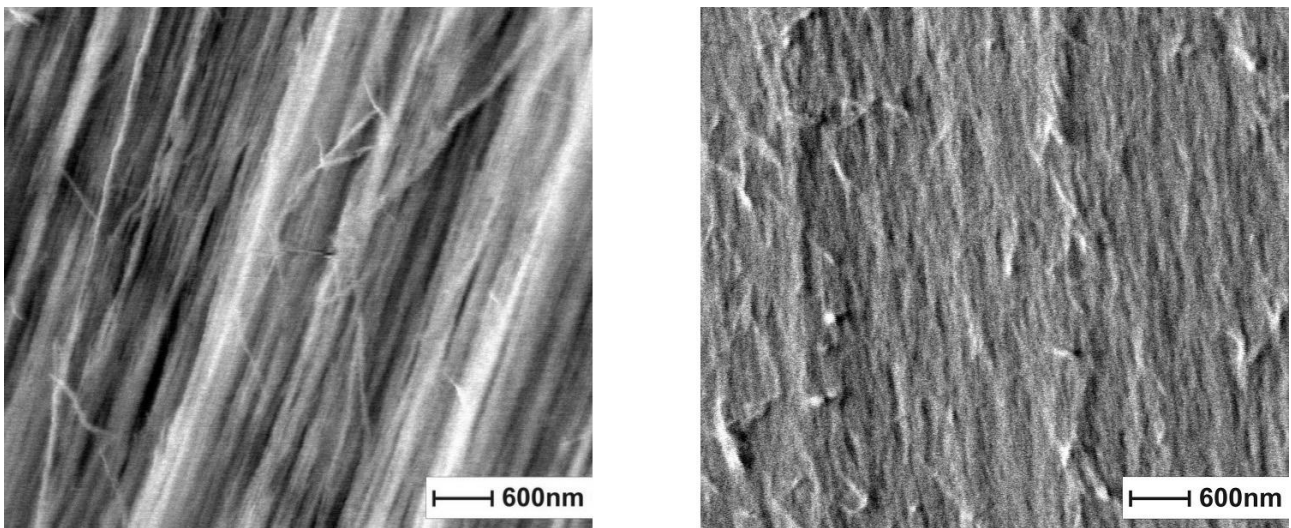


Рис. 1. Фотографии поверхности Н-аэрогеля, сделанная с помощью сканирующего электронного микроскопа: слева – образец "Обнинского аэрогеля" плотностью  $31 \text{ мг/см}^3$ , справа – образец нафена плотностью  $90 \text{ мг/см}^3$ .

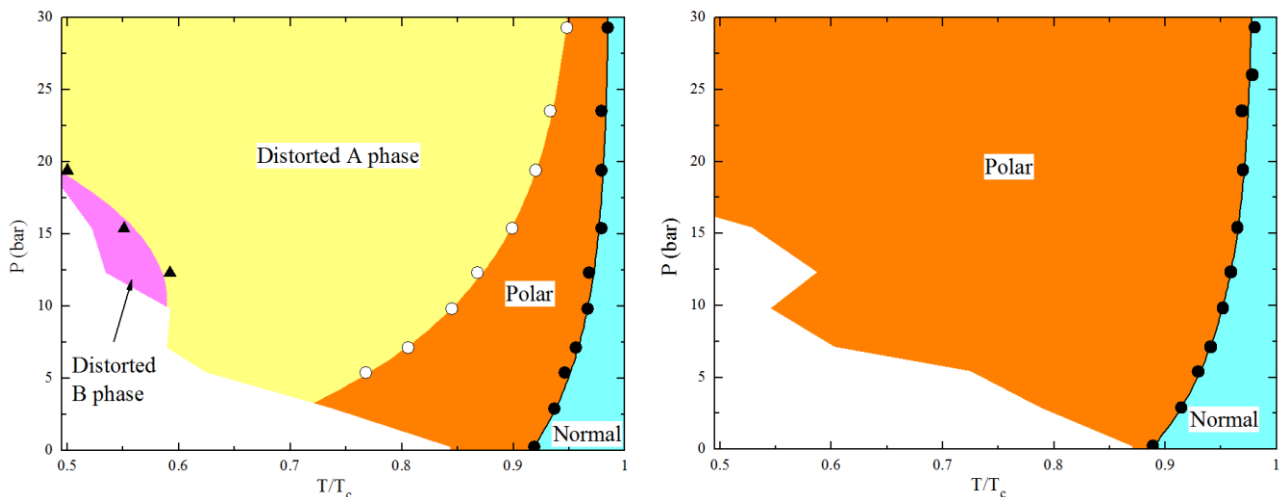


Рис. 2. Фазовые диаграммы сверхтекучего  $^3\text{He}$  в нафене: слева – плотностью  $90 \text{ мг/см}^3$ , справа – плотностью  $243 \text{ мг/см}^3$ . Аэрогель предварительно покрывался 2.5 монослоями  $^4\text{He}$ . Заполненными кружками обозначен сверхтекучий переход  $^3\text{He}$  в нафене, открытыми кружками – переход из полярной фазы в А фазу с полярным искажением, заполненными треугольниками – начало перехода из А фазы с полярным искажением в В фазу на охлаждении.

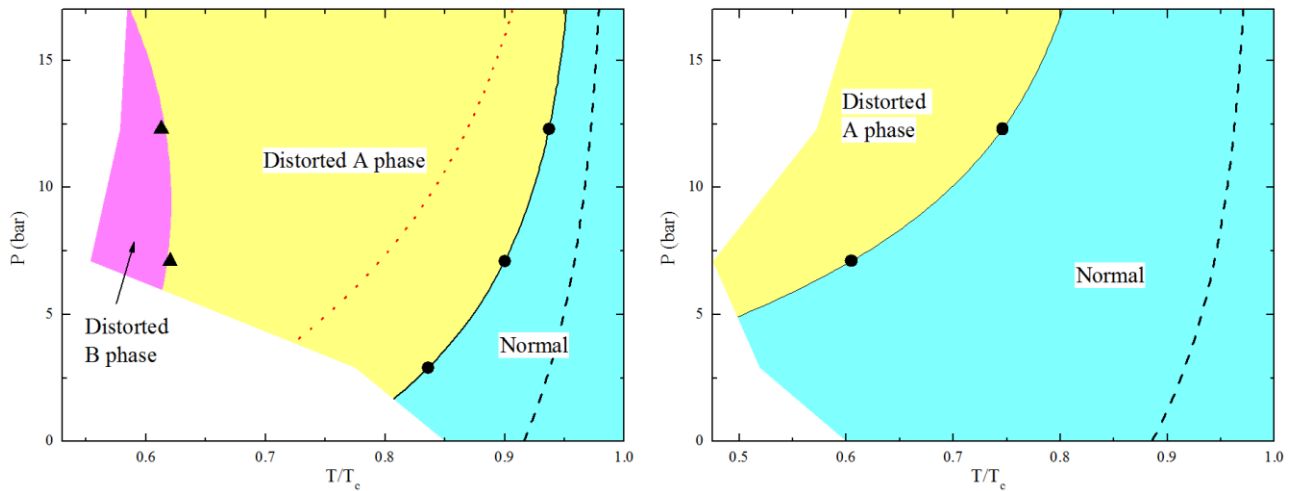


Рис. 3. Фазовые диаграммы сверхтекучего  $^3\text{He}$  в нафене: слева – плотностью  $90 \text{ мг/см}^3$ , справа – плотностью  $243 \text{ мг/см}^3$ . Аэрогель не покрывался  $^4\text{He}$ . Заполненными кружками обозначен сверхтекучий переход  $^3\text{He}$  в нафене, заполненными треугольниками – начало перехода из А фазы с полярным искажением в В фазу на охлаждении, черными пунктирными линиями – сверхтекучий переход  $^3\text{He}$  в нафене, предварительно покрытом 2.5 монослоями  $^4\text{He}$ , красной линией – переход из полярной фазы в А фазу с полярным искажением в нафене, предварительно покрытом 2.5 монослоями  $^4\text{He}$ .