

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Может ли пузырек в жидком гелии содержать половину электрона?

Л.П. Питаевский

Приводятся соображения, показывающие невозможность существования в жидком гелии пузырьков с зарядом $e/2$.

PACS number: 03.65.Ud

В сентябрьском номере журнала *Успехи физических наук* (УФН) за 2006 г. был опубликован интересный короткий обзор В.П. Быкова "Дробный заряд — новая тенденция в электронике" [1]. Я хочу в этом письме сделать простое замечание, относящееся к первой половине обзора, где обсуждается поразительная воображаемая идея Х. Мариса о возможности расщепления пузырька в жидком гелии, содержащего один электрон, на два пузырька, каждый из которых, в определенном смысле слова, содержит половину электрона.

Я думаю, что обсуждаемая Маррисом ситуация невозможна. Это ясно уже из напечатанного вслед за статьей Быкова комментария В.А. Рубакова [2], с аргументацией которого я полностью согласен. Действительно, согласно [2], измерение заряда одного из пузырьков дает или e , или нуль. Пусть измерение дало нуль. Значит, электрона в пузырьке не было. Но пузырек без электрона существовать не может. Значит, не было и пузырька. В этом отношении электрон в пузырьке отличается от электрона в заданной потенциальной яме, которая существует независимо от присутствия электрона.

Как же относиться к рассуждениям Марриса? Ведь они основаны на квантовой механике, в применимости которой к этой системе сомневаться не приходится. Дело в том, что теория Марриса приближенная, и это приближение перестает годиться, если "перетяжка" между пузырьками на рис. 3 (см. [1] с. 1009) делается слишком тонкой.

Грубую оценку условий применимости теории можно получить следующим образом. Вдумаемся в физическую картину явления. Электрон — это точечный объект. Как же он может "подпира́ть" одновременно все стенки

пузырька? Дело в том, что электрон в пузырьке быстро движется. Характерная скорость движения электрона, согласно принципу неопределенности, порядка $\hbar/(mR)$, так что он обегает пузырек за время $t \sim (mR^2)/\hbar$, которое много меньше времени, необходимого пустому пузырьку, чтобы схлопнуться. Простая оценка дает для времени схлопывания значение $\tau \sim (\rho R^3/\alpha)^{1/2}$, где ρ — плотность гелия. Легко проверить, что, действительно, $t \ll \tau$. Именно на этом неравенстве основана изложенная в [1] теория. (Для сферических пузырьков она была развита Карери, Фазоли и Газта [3].) Быстрота движения электрона позволяет произвести усреднение по его движению при заданных размере и форме пузырька, а после — минимизировать по этим параметрам. Это приближение аналогично приближению Борна–Оппенгеймера в теории молекул, где производится усреднение по движению электронов при заданном положении ядер.

Ситуация, однако, меняется, когда пузырек начинает расщепляться. Перетяжка между пузырьками представляет для электрона потенциальный барьер. Если перетяжка достаточно тонкая, электрон может проникнуть из одной половины в другую только путем туннелирования. Для этого нужно время порядка $1/w$, где w — вероятность туннелирования в единицу времени. Теория заведомо перестает годиться, когда $1/w$ делается порядка τ , еще до того, как пузырек расщепится. Что же произойдет, если увеличивать давление дальше? Думаю, что ничего особенно интересного. Деформация пузырька, вероятно, приостановится и он схлопнется.

Замечу в заключение, что моя точка зрения совпадает с мнением авторов цитированной в [2] работы [4], если я правильно понимаю последний абзац этой работы.

Список литературы

1. Быков В П *УФН* **176** 1007 (2006)
2. Рубаков В А *УФН* **176** 1014 (2006)
3. Careri G, Fasoli U, Gaeta F S *Nuovo Cimento* **15** 774 (1960)
4. Jackiw R, Rebbi C, Schrieffer J R *J. Low Temp. Phys.* **122** 587 (2001); "Fractional electrons in liquid helium?", cond-mat/0012370

Л.П. Питаевский. Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, 119334 Москва, ул. Косыгина 2, Российская Федерация
CNR-INFN Center on BEC researches, Department of Physics, University of Trento, I-38050 Povo, Trento, Italy
E-mail: lev@science.unitn.it

Статья поступила 7 декабря 2006 г.