

"САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ" УСКОРЕНИЕ СВОБОДНО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ГЕЛИЯ II И РОДСТВЕННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПУЛЬСАРАХ

Дж. С. Цакадзе, С. Дж. Цакадзе

Показано, что замедленно вращающийся сосуд с гелием II может скачкообразно ускориться без внешнего воздействия.

В 1966 году Андроникашвили, Гуджабидзе и Цакадзе [1] показали, что после нагрева вращающегося He II выше λ -точки квантованные вихри долго сохраняются и в He I. Особенно существенно, что исчезновение вихрей происходит резкими скачками, следующими за длительным (~ 20 мин) периодом их полного сохранения. В 1969 г. Пакард и Сандерс [2] выяснили, что так же скачкообразно меняется число вихрей в ускоренно или замедленно вращающемся He II. Таким образом изменение режима вращения He II сопровождается специфичными для сверхтекучей жидкости релаксационными процессами, связанными с образованием долгоживущих метастабильных состояний. Известно, что именно релаксация вращения пульсара позволила идентифицировать его в качестве сверхтекучей нейтронной звезды [3, 4].

В 1972 г. Пакард [5] предположил, что скачкообразное исчезновение групп вихрей в пульсаре является причиной их ускорений. Действительно, если в замедленно вращающейся нейтронной жидкости вихри так же исчезают группами, то их момент количества движения будет передан твердой оболочке пульсара и она ускорится. Релаксационный процесс, сопровождающий такое ускорение, по-видимому, будет отличным от релаксационного процесса после ускорения пульсара в результате деформации его оболочки. И действительно, среди ускорений пульсара PSR0532 по крайней мере одно отличается от остальных характером последующей релаксации [6].

Сопоставим оценки изменения числа вихрей в экспериментах Пакарда и Сандерса, и в пульсарах. Они оказываются весьма различными. Если в первом случае число вихрей не превышало десятков, а исчезало или образовывалось 1 + 3 вихря за каждый скачок, то в пульсарах, при числе вихрей $\sim 10^{17}$ при каждом скачке исчезает $\sim 10^{13}$ вихрей [4]. Эта оценка, основанная на допущении о полном сохранении вихрей за весь период между ускорениями, является максимальной. Но и минимальная оценка, связанная с подсчетом числа распавшихся вихрей, необходимого для объяснения величины скачка, довольно велика; $10^9 - 10^{11}$ вихрей за скачок.

Возникает вопрос: является ли что-либо общим в столь различных ситуациях? Нам представляется, что нижеследующие факты и суждения разрешают ответить на этот вопрос положительно.

Мы использовали прибор, аналогичный тому, при помощи которого моделировалась релаксация пульсаров после звездотрясения [4]. При-

бор представлял собой цилиндрический сосуд с внутренним диаметром 1,5 см, исполненный в двух вариантах: 1 — с перегородками в виде плоских дисков, параллельных дну и крышке сосуда и разделенных расстоянием в 7 мм; 2 — тот же сосуд без перегородок. Высота сосуда — 7 см. Сосуд вращался в парах гелия, поддерживаемый безопорным магнитным подвесом. Регистрация скорости вращения производилась при помощи измерительной системы, подсоединенной к управляющей электронной машине М-1000. После начального ускорения, осуществляемого внешним импульсом, сосуд плавно замедлялся из-за вязкости паров гелия.

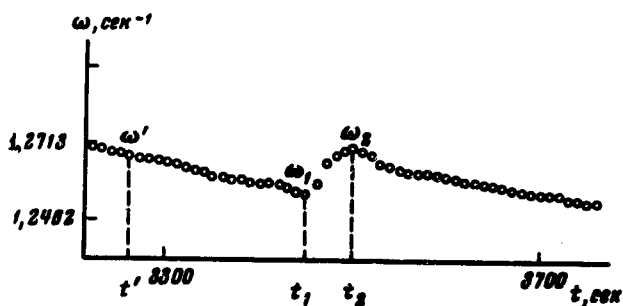


Рис. 1. Временная зависимость скорости вращения (в логарифмическом масштабе). Отсчет времени ведется от момента импульсного ускорения сосуда. ω' — скорость, рассчитанная по закону сохранения, начиная с которой (т. е. с момента t'') сохранялись вихри, распавшиеся в момент t_1 .

Типичная зависимость скорости вращения ω от времени t показана на рис. 1, где изображен участок кривой, следующий за релаксацией гелия II после его искусственного ускорения, описанной в [4]. На фоне линейного спада скорости в момент t_1 наблюдается ускорение сосуда, при котором скорость меняется на $\omega_2 - \omega_1$. Таким образом, удалось экспериментально подтвердить возможность самопроизвольного ускорения замедленно вращающейся сверхтекучей жидкости. Зависимость $\omega_2 - \omega_1$ от скорости вращения показана на рис. 2.

Используя закон сохранения момента количества движения можно показать, что число распавшихся во время скачка вихрей составляет $100 + 190$ вихрей в первом варианте сосуда и $35 + 50$ вихрей во втором варианте.

Подсчитаем число "лишних" вихрей, исчезающих в скачке с каждой единицы площади. Эта величина оказалась равной $100 + 300$ вихрей/см² в экспериментах Пакарда и Сандерса, $60 + 110$ вихрей/см² в первом варианте нашего прибора, $20 + 30$ вихрей/см² во втором нашем варианте, 10 вихрей/см² в пульсаре PSR 0833-45 и 20 вихрей/см² в пульсаре PSR 0532. Разница между этими числами во всяком случае гораздо меньше, чем разница в полных числах метастабильных вихрей, лежащих в интервале $1 + 10^{13}$.

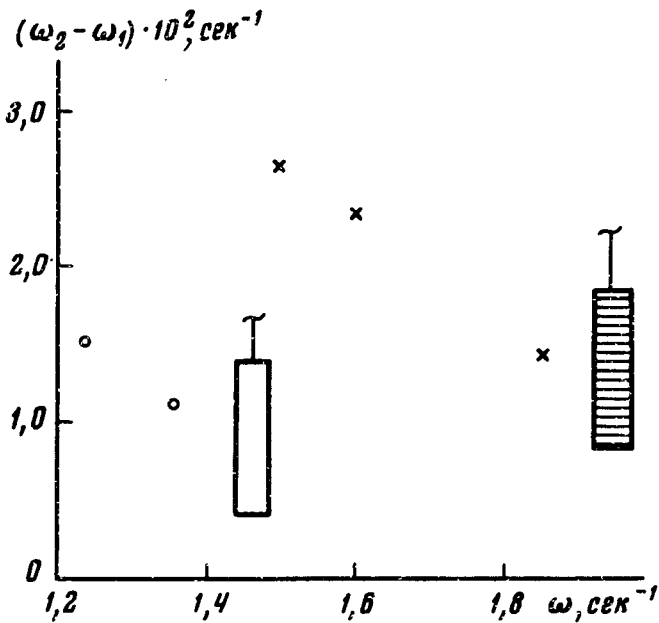


Рис. 2. Зависимость $\omega_2 - \omega_1$ от ω_1

Авторы сердечно благодарят Э.Л.Андроникашвили за стимулирующий интерес к работе и Ю.Г.Мамаладзе за обсуждение результатов.

Институт физики
Академии наук Грузинской ССР

Поступила в редакцию
18 июля 1975 г.

Литература

- [1] Э.Л.Андроникашвили, Г.В.Гуджабидзе, Дж.С.Цакадзе. ЖЭТФ, 50, 51, 1966.
- [2] R.E.Packard, T.M.Sanders. Phys. Rev. Lett., 22, 823, 1969.
- [3] D.Pines. Proc. of the 12-th Intern. Conf. on Low Temp. Phys. Kyoto, Japan, 1970.
- [4] Дж.С.Цакадзе, С.Дж.Цакадзе. УФН, 115, 503, 1975.
- [5] R.E.Packard. Phys. Rev. Lett., 28, 1080, 1972.
- [6] E.Lohsen. Nature (Phys. Sci.), 236, 70, 1972.