

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, В. П. Архипова, Морфологический каталог галактик, т. 1—4, 1962—1968.
2. Н. Г. Когошвили, Бюлл. Абастуманской обс., 46, 133, 1975.
3. С. D. Shane, С. А. Wirtanen, Publ. Lick Obs., 22, 1, 1967.
4. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies, vol. 1—6, 1961—1968, Calif. Instit. Techn.
5. National Geogr. Soc.-Pal. obs. Sky Atlas, 1954, Calif. Instit. Techn.
6. L. Perek, Bul. Astron. Inst. Czechoslov., 9, 39, 1958.
7. Д. В. Оуэн, Сборник статистических таблиц, М., 1973.

УДК 523.877

К ВОПРОСУ О ВОЗНИКНОВЕНИИ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ
ВИХРЕВОЙ СИСТЕМЫ В ЯДРАХ ПУЛЬСАРОВ

В работе [1] рассмотрена возможность генерации магнитного поля пульсаров за счет протонных сверхпроводящих квантованных вихрей.

Авторы предполагают, что протонная составляющая находится в вихревом состоянии из-за вращения, аналогично нейтронной сверхтекучей жидкости.

Согласно теории вращения сверхтекучей жидкости [2], нейтронные квантованные вихри появятся уже при вращении с частотой

$$\Omega_{c1} = \frac{\hbar}{2\pi m R_0^2} \ln \frac{R_0}{a_0}, \quad (1)$$

R_0 — радиус сосуда со сверхтекучей жидкостью, a_0 — радиус остова вихря; при $R_0 \approx 16^6$ см, $\Omega_{c1} = 10^{-14}$ сек⁻¹.

В работах [3, 4] получены уравнения Гинзбурга—Ландау для сверхпроводника, вращающегося с частотой $\bar{\Omega}$, которые можно свести к уравнениям для сверхпроводника в однородном магнитном поле

$$\vec{H} = \frac{2mc}{e} \bar{\Omega}. \quad (2)$$

Это говорит о том, что вращение проявляется как некоторое магнитное поле, они эквивалентны [5].

Протонная жидкость при плотностях $\sim 5 \cdot 10^{12}$ г/см³ является лондоновским сверхпроводником, $\lambda_L = 0.9 \cdot 10^{-11}$ см, $\xi_0 = 0.9 \cdot 10^{-12}$ см.

Как известно [6], в лондоновских сверхпроводниках вихри возникают при условии $H \geq H_{c1}$, где

$$H_{c1} = \frac{\Phi_0}{2\pi\lambda^2} \ln \frac{\lambda}{\xi}. \quad (3)$$

Это поле эквивалентно вращению с частотой

$$\Omega_{c1} = \frac{e}{2ct} H_{c1}. \quad (4)$$

Нижнее критическое поле для протонной составляющей $H_{c1} \approx \approx 1.6 \cdot 10^{10}$ гс, что соответствует частоте вращения $\Omega_{c1} \approx 10^{11}$ сек⁻¹. Стало быть существенная разница в условиях возникновения протонных и нейтронных вихрей обусловлена различием законов изменения плотности потоков частиц \vec{j} , по мере удаления от центра нити. В случае сверхтекучей, нейтральной жидкости поток спадает как $1/r$ (r — расстояние до центра нити), вихрь размыт, его взаимодействие со стенками сосуда существеннее, чем в случае сверхпроводящей заряженной жидкости, в которой при $r > \lambda$ поток спадает экспоненциально (λ — глубина проникновения магнитного поля).

В пульсарах нейтронная компонента находится в вихревом состоянии за счет вращения.

Протонные вихри при условиях, существующих в пульсарах, $H \sim 10^{12}$ гс, $\Omega \sim 10^2$ сек⁻¹, как следствие одних лишь эффектов, связанных с наличием магнитного поля и вращения, возникать не должны. Несмотря на это, протонная компонента не является полностью сверхпроводящей.

Действительно, в сердцевинах нейтронных нитей находятся нормальные нейтроны, их спин-спиновое взаимодействие с протонами ведет к распариванию последних и подавлению сверхпроводимости аналогично тому, как это происходит в случае сверхпроводника с парамагнитной примесью. Как показано в [7], критическая концентрация парамагнитной примеси, при которой исчезает сверхпроводимость, определяется из условия

$$\tau_{\text{скр.}} \approx \frac{2\tau}{\pi T_{c0}}, \quad (5)$$

где T_{c0} — критическая температура чистого образца, а $\tau_{\text{скр.}}$ — время между двумя последовательными рассеяниями протона на примеси.

Легко показать, что (5) равносильно равенству

$$l_{\text{скр.}} = v_F \tau_{\text{скр.}} = 2\pi\xi_0. \quad (6)$$

Таким образом сверхпроводимость протонов в сердцевинах нейтронных вихрей будет подавлена при концентрациях

$$n_{кр.} \simeq \frac{1}{l_{кр.} \sigma}, \quad (7)$$

где σ — эффективное сечение рассеяния протонов на нейтронах при концентрациях нейтронов $\simeq 10^{38} \text{ см}^{-3}$.

Используя теорию эффективного радиуса [8], получим $\sigma = 300$ мбарн и соответственно:

$$n_{кр.} \simeq 5 \cdot 10^{35} \text{ см}^{-3}.$$

Нейтронная жидкость сильно вырождена. Если предположить, что роль парамагнитных «примесей» играют лишь нейтроны, находящиеся вблизи поверхности Ферми, на глубине не более энергетической щели протонной компоненты, то концентрация «активных» нейтронов $n \simeq 3 \cdot 10^{35} \text{ см}^{-3}$.

При таких концентрациях парамагнитной примеси, существующих в пульсаре, магнитных полей будет достаточно для образования системы протонных вихрей, совпадающих с вихрями сверхтекучей нейтронной компоненты. В отличие от нитей в сверхпроводнике, как отмечалось в [9], нити сверхтекучей жидкости не образуют решетки, следовательно и протонные вихри будут расположены бессистемно. Возвращаясь к модели, предложенной в [1], следует отметить, что величина магнитного потока, связанного с протонными вихревыми нитями, будет определяться начальными условиями образования пульсара.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность всем участникам семинара под руководством профессора Г. С. Саакяна за полезное обсуждение работы.

On the Problem of Appearance of superconducting vortex system in the pulsar's nucleus. The work deals with possibility of appearing of proton quantised vortexes in the pulsar's nucleus in magnetic fields that are less than the first critical field, as a consequence of suppression of superconductivity in the core of neutron vortexes as a result of spin-spin neutron-proton interaction.

1 марта 1978

Кишиневский государственный
университет

В. А. ЧЕРНОБАЙ,
О. П. БЕЗЗУБ

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. М. Седракян, К. М. Шахабасян, *Астрофизика*, 8, 557, 1972.
2. И. М. Халатников, *Теория сверхтекучести*, Наука, М., 1971.
3. Б. И. Веркии, И. О. Кулик, *ЖЭТФ*, 61, 2067, 1971.
4. Д. М. Седракян, Т. С. Мкртчян, К. М. Шахабасян, *Изв. АН Армянской ССР. Физика*, 11, 385, 1976.
5. Э. Штутцер, *Физика во вращающихся системах отсчета*, в сб. «Проблемы гравитации», Ереван, 1975.
6. П. Де Жен, *Сверхпроводимость металлов и сплавов*, Мир, М., 1968.
7. А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, *ЖЭТФ*, 39, 1781, 1970.
8. В. С. Барашенков, *Сечения взаимодействия элементарных частиц*, Наука, М., 1966.
9. D. Stauffer, A. Z. Fetter, *Phys. Rev.*, 168, 156, 1968.

Технический редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН

ВФ 03423. Сдано в набор 11.07 1978 г. Подписано к печати 12.09 1978 г.
Тираж 955. Изд. 4853. Заказ 837. Формат бумаги 70×108^{1/16}. Печ. л. 10.75+3 вкл.
Бум. л. 5,44. Усл. печ. л. 15. Уч. изд. листов 12,06.

Издательство АН Арм. ССР, Ереван, Барекамутиян 24-г
Типография Издательства АН Армянской ССР, Ереван, Барекамутиян, 24