

К ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ МАССЫ НЕЙТРИНО ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

Г.Т.Зацепин

По современным данным [1, 2] верхняя граница массы электронного нейтрино составляет $mc^2 \lesssim 200 \text{ эв}$. Принципиально возможно дать верхнюю границу массы нейтрино, используя далекие импульсные источники нейтрино, если наблюдать запаздывание нейтрино меньших энергий относительно нейтрино больших энергий.

В работах [3 - 6] показано, что при взрывах сверхновых можно ожидать излучение $\sim 10^{57}$ нейтрино и антинейтрино в широкой спектральной области со средней энергией около 10 Мэв за время порядка нескольких сотых долей секунды. Характерное расстояние в нашей Галактике $L \approx 10 \text{ клс}$, или $T = L/c \approx 10^{12} \text{ сек}$. Частица пролетает расстояние L за время $t = L/\beta c = T/\beta$. Для ультрарелятивистских частиц $\beta \approx 1 - 1/2\gamma^2$, где $\gamma = E/mc^2$. Запаздывание прихода двух частиц, испущенных одновременно, но с различной энергией E_1 и E_2 , составляет

$$\Delta t = t_1 - t_2 \approx \frac{T}{2} \left(\frac{1}{\gamma_1^2} - \frac{1}{\gamma_2^2} \right)$$

или, если $\gamma_2^2 \gg \gamma_1^2$

$$\Delta t \approx \frac{T}{2\gamma_1^2};$$

откуда:

$$mc^2 \approx E_1 \sqrt{\frac{2\Delta t}{T}};$$

Принимая, что, наблюдая нейтринное излучение сверхновой, величину Δt трудно получить существенно меньшей, чем длительность нейтринной вспышки ($\Delta t_\gamma \approx 3 \cdot 10^{-2} \text{ сек}$) [6], при $E_1 \approx 8 \text{ Мэв}$, получим $mc^2 \lesssim 2 \text{ эв}$. Таким образом возможно улучшить оценку верхней границы массы нейтрино по сравнению с современной на два порядка.

Для наблюдения потоков антинейтрино от сверхновой нашей Галактики можно использовать большое количество (≈ 1000 м) органического сцинтиллятора, расположенного в специальном подземном помещении (для экранировки от космических лучей). При образовании 10^{57} антинейтрино на расстоянии 10 клс на Землю упадет поток с плотностью 10^{11} частиц см^{-2} . При эффективном сечении реакции $p + \bar{\nu} \rightarrow n + e^+$ равном $6 \cdot 10^{-42} \text{ см}^2$, что соответствует энергии антинейтрино $\approx 10 \text{ Мэв}$,

в 1000 м соединения типа $(\text{CH}_2)_n$, число прореагировавших антинейтрино составит примерно 50. Энергия каждого из прореагировавших антинейтрино может быть определена по величине вспышки, вызванной быстрым позитроном. Таким образом можно, в принципе, отдельно получить среднее время прихода нейтрино меньших энергий и больших.

Наблюдение нейтрино от сверхновых соседних Галактик существенно укоротило бы срок ожидания вспышки и дало бы возможность еще более снизить верхнюю границу массы нейтрино (за счет увеличения T).

Для наблюдения внегалактических нейтринных вспышек требуется огромное количество водородосодержащего вещества (более 10^6 м). Вероятно, эксперимент такого масштаба было бы целесообразно проводить, используя не сцинтилляцию органической жидкости, а черенковское свечение воды глубоко в океане, для чего, однако, необходимы фотоумножители с очень большой поверхностью фотокатода (суммарной площадью $> 10^3 \text{ м}^2$).

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
20 июля 1968 г.

Литература

- [1] L. M. Langer, R. Y. D. Moffet. *Phys. Rev.*, **88**, 689, 1952.
- [2] D. R. Hamilton, W. P. Alford, L. Gross. *Phys. Rev.*, **92**, 1521, 1953.
- [3] E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, W. A. Fowler, F. Hoyle. *Revs. Mod. Phys.*, **29**, 547, 1957; *Astr. J.*, **139**, 909, 1964.
- [4] Я.Б.Зельдович, О.Х.Гусейнов. *ДАН*, **162**, 791, 1965; *Письма ЖЭТФ*, **1**, вып.4, 11, 1965.
- [5] S. A. Colgate, R. H. White. *Astr. J.*, **143**, 626, 1966.
- [6] Л.Н.Иванова, В.С.Имшенник, Д.К.Надежин. *Препринт ИПМ*, **М.**, 1967.