Краткие сообщения по физике № 5-1986 г.

УДК 621.384

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ УСИЛЕНИЕ ОСЦИЛЛЯЦИЙ НЕЙТРИНО В ВЕЩЕСТВЕ

В.К. Ермилова, В.А. Царев, В.А. Чечин

Показано, что при периодической зависимости плотности вещества от расстояния амплитуда осцилляций $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ может достигать единицы даже при малом угле смешивания $\theta_v \ll 1$.

В работе /1/ было показано, что вещество может оказывать существенное влияние на осцилляции нейтрино /2/. Уравнение Шредингера для амплитуд ν_μ, ν_e в веществе при наличии осцилляций имеет вид ($\hbar = c = 1$):

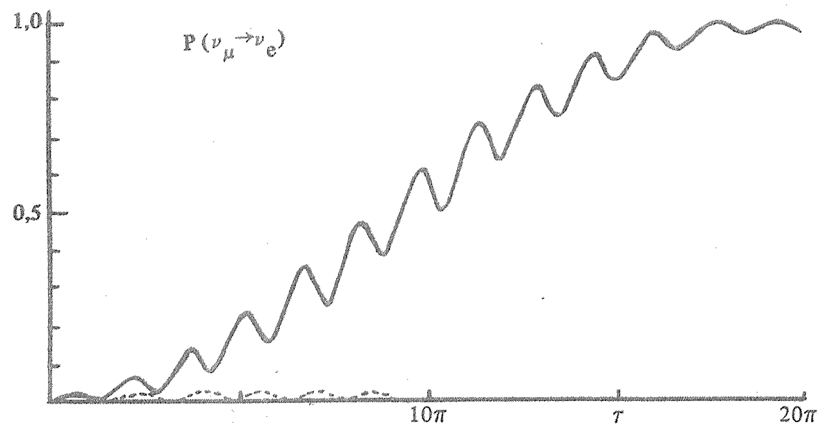
$$id\nu_\mu/d\tau = H_{11}\nu_\mu + H_{12}\nu_e; \qquad id\nu_e/d\tau = H_{21}\nu_\mu + H_{22}\nu_e, \tag{1}$$

где $H_{11} = -H_{22} = \cos 2\theta_V - l_V/l_0(\tau)$; $H_{12} = H_{21} = -\sin 2\theta_V$; $l_V = 4\pi E_\nu/(m_1^2 - m_2^2) \approx 2{,}5$ км E_ν(ГэВ)/Δm^2(эВ^2) – длина осцилляций в вакууме; $l_0(\tau) = 1/\sqrt{2}\,GN_e(\tau) \approx R/\rho(\tau)$ (г/см^3) ($R \approx 35000$ км) – длина Вольфенштейна; G – константа Ферми; N_e – плотность электронов; $\tau = \pi x/l_V$; x – расстояние вдоль пучка нейтрино.

При $l_V \gg l_0$ вещество подавляет осцилляции /1,3/, тогда как при $l_V/l_0 = \cos 2\theta_V \approx 1$ ($l_0 \propto \bar\rho^{\,-1} = \mathrm{const}$) амплитуда осцилляций достигает единицы независимо от величины θ_V /3,4/. Аналогичное усиление возможно при гармонической зависимости плотности $\rho(x)$ от расстояния x. Действительно, уравнение (1) аналогично уравнению для осцилляций нейтрон-антинейтрон в неоднородном магнитном поле /5/. Полагая $\rho(\tau) = \bar\rho + \rho_1 \cos\omega\tau$ и следуя /5/, находим приближенное решение уравнения (1) вблизи параметрического резонанса $n\omega = 2\bar\omega$ ($\bar\omega = \cos 2\theta_V - l_V/\bar l_0$, $\bar l_0 = R/\bar\rho$, $n = 1, 2...$)

$$P_{(\nu_\mu\to\nu_e)} = |\nu_e|^2 \approx (\delta_n^2/\Omega_n^2)\sin^2(\Omega_n\tau), \tag{2}$$

где $\delta_n = -\sin 2\theta_V J_n(n l_V/l_1)$, $l_1 = R/\rho_1$; $\Omega_n = \sqrt{(\bar\omega - n\omega/2)^2 + \delta_n^2}$; J_n – функция Бесселя. При



Р и с. 1. Зависимость вероятности перехода $P(\nu_\mu \to \nu_e)$ от расстояния вдоль пучка нейтрино.

точном параметрическом резонансе $\Omega_n = \delta_n$ и амплитуда осцилляций (2) достигает единицы, причем длина осцилляции $l_{res}^{(n)} = l_\nu/\delta_n$. При $\theta_\nu \ll 1$ и $l_\nu/\bar{l}_0$, $l_\nu/l_1 \ll 1$, когда влияние вещества приводит лишь к малым поправкам в диагональных членах гамильтониана уравнения (1), $l_{res}^{(1)} \approx l_1/\sin 2\theta_\nu \gg l_\nu$, а относительная ширина резонанса $\Delta\omega/\omega \approx (l_\nu/l_1)\sin 2\theta_\nu \ll 1$.

Эти приближенные соотношения подтверждаются результатом численного решения уравнения (1) (рис. 1) при $\sin^2 2\theta_\nu = 10^{-2}$; $\bar{\rho} = \rho_1 = 5$ г/см^3, $l_\nu/l_1 = l_\nu/l_0 \approx 0{,}36$, $\omega \approx 2\bar{\omega}$. Роль переменной составляющей плотности видна при сопоставлении сплошной кривой с пунктирной, отвечающей $\rho_1 = 0$. Такой механизм усиления осцилляций нейтрино может играть роль в астрофизических периодических структурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wolfenstein L. Phys. Rev., D20, 2634 (1979); D17, 2369 (1978).
2. Понтекорво Б. М., Биленький С. М. УФН, 123, № 2, 181 (1977).
3. Barger V. et al. Phys. Rev., D22, 2718 (1981).
4. Михеев С. П., Смирнов А. Ю. ЯФ, 42, № 6, 1441 (1985).
5. Pusch G. D. Nuovo Cimento, A74, № 2, 149 (1983).

Поступила в редакцию 10 февраля 1986 г.