

## ON COHERENT NEUTRINO AND ANTINEUTRINO SCATTERING OFF NUCLEI

*V. A. Bednyakov, D. V. Naumov*

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

Neutrino–nucleus  $\nu A \rightarrow \nu A$  and antineutrino–nucleus  $\bar{\nu} A \rightarrow \bar{\nu} A$  interactions, when the nucleus conserves its integrity, are discussed with coherent (elastic) and incoherent (inelastic) scattering regimes taken into account. In the first regime the nucleus remains in the same quantum state after the scattering and the cross section depends on the quadratic number of nucleons. In the second regime, the nucleus changes its quantum state and the cross section has an essentially linear dependence on the number of nucleons. The coherent and incoherent cross sections are driven by a nuclear nucleon form factor squared  $|F|^2$  term and a  $(1 - |F|^2)$  term, respectively. One has a smooth transition between the regimes of coherent and incoherent (anti)neutrino–nucleus scattering. Due to the neutral current nature, these elastic and inelastic processes are indistinguishable if the nucleus recoil energy is only observed. One way to separate the coherent signal from the incoherent one is to register  $\gamma$  quanta from deexcitation of the nucleus excited during the incoherent scattering. Another way is to use a very low-energy threshold detector and collect data at very low recoil energies, where the incoherent scattering is vanishingly small. In particular, for  $^{133}\text{Cs}$  and neutrino energies of 30–50 MeV the incoherent cross section is about 15–20% of the coherent one. Therefore, the COHERENT experiment (with  $^{133}\text{Cs}$ ) has measured the coherent elastic neutrino nucleus scattering (CE $\nu$ NS) with the inelastic admixture at a level of 15–20%, if the excitation  $\gamma$  quantum escapes its detection.

В работе обсуждаются когерентный (упругий) и некогерентный (неупругий) режимы нейтрино-ядерных  $\nu A \rightarrow \nu A$  и антинейтрино-ядерных  $\bar{\nu} A \rightarrow \bar{\nu} A$ -взаимодействий, после которых ядро сохраняет свою целостность. В первом режиме ядро остается в том же квантовом состоянии после рассеяния и сечение зависит от числа нуклонов в квадрате. Во втором режиме ядро меняет свое квантовое состояние и сечение имеет (лишь) линейную зависимость от числа нуклонов. Величина когерентного сечения определяется поведением квадрата ядерного нуклонного формфактора  $|F|^2$ , тогда как величина некогерентного сечения пропорциональна выражению  $(1 - |F|^2)$ . Получен плавный переход между режимами когерентного и некогерентного (анти)нейтрино-ядерного рассеяния. Если в эксперименте наблюдается только энергия отдачи ядра, то из-за природы нейтрального слабого тока эти упругие и неупругие процессы неразличимы. Один способ отделить когерентный сигнал от некогерентного состоит в дополнительной регистрации  $\gamma$ -квантов от снятия ядерного возбуждения, обусловленного неупругим процессом. Другой способ — использовать детектор с очень низким энергетическим порогом и анализировать данные при очень низких энергиях отдачи, когда некогерентное рассеяние дает крайне малый вклад. В частности, показано, что для ядер цезия  $^{133}\text{Cs}$  и энергий нейтрино 30–50 МэВ некогерентное сечение составляет 15–20% от когерентного. Поэтому если в эксперименте COHERENT не регистрировались  $\gamma$ -кванты от возбуждения ядра  $^{133}\text{Cs}$ , то в этом эксперименте было впервые зарегистрировано когерентное упругое рассеяние нейтрино на ядре (CE $\nu$ NS) с неупругой примесью на уровне 15–20%.

PACS: 14.60.Pq; 29.40.Mc; 28.50.Hw; 13.15.+g

Received on July 17, 2019.