



# ОТЧЕТ О НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

## РЕЗОНАНСНЫЕ РЕАКЦИИ С УЧАСТИЕМ АНТИНЕЙТРИНО

Научный руководитель д.ф.-м.н: М. И. Криворученко  
Студент: Н. А. Кривошеев



# Этапы работы

1. Изучение теории бета-распада и электронного захвата вместе с научным руководителем
2. Изучение таблицы изотопов для нахождения резонансных реакций
3. Нахождение резонансной реакции для **Xe-133**
4. Нахождение резонансной реакции для **Np-239**
5. Подведение результатов

Бета-распад нейтрона — спонтанное превращение свободного нейтрона в протон с излучением  $\beta$ -частицы (электрона) и электронного антинейтрино:



$$Q_{\beta^-} = (M_{parent} - M_{daughter} - m_e)c^2 \quad (6)$$

Где  $M_{parent}$ ,  $M_{daughter}$  - массы родительского и дочернего ядер,  $m_e$  - масса электрона и  $c$  - скорость света в вакууме



Для этой реакции тоже можно ввести свою величину  $Q_{EC}$ , по той же идееи.

Для резонансного захвата необходимо выполнение баланса энергии: энергия антинейтрино должна быть равна сумме энергии, требуемой для электронного захвата, энергии возбуждения ядра и энергии образованной в результате захвата электрона.

$$E_{\bar{\nu}_e} = Q_{EC} + E + E_{vacancy}$$



$$Q_{\beta^{-}} = 427,4 \text{ кэВ}$$

Атом  ${}_{55}^{133}\text{Cs}_{7/2+}$  -стабилен, тогда энергия антинейтрино и электрона можно найти как

$$E_{\bar{\nu}_e} + E_{e^{-}} = Q_{\beta^{-}} = 427,4 \text{ кэВ}$$

При подборе реакции на детекторе рассмотрим реакцию электронного захвата на  ${}_{20}^{41}\text{Ca}$



$$Q_{EC} = 421,4 \text{ кэВ}$$

Энергия связи электрона, находящегося на К-оболочке равна  $E_c = 4,49 \text{ кэВ}$ , тогда энергия антинейтрино вычисляется как

$$E_{\bar{\nu}_e} = Q_{EC} + E_c = 425,9 \text{ кэВ}$$

$$\Delta E_{\bar{\nu}_e} = 1,5 \text{ кэВ}$$



$$Q_{\beta^{-}} = 721,9 \text{ кэВ}$$

При распаде дочерний атом может перейти в возбужденное состояние  ${}_{94}^{239}\text{Pu}_{11/2-}$  с энергией  $E = 487,0 \text{ кэВ}$ , такое состояние образуется вероятней чем, не возбужденное  ${}_{94}^{239}\text{Pu}_{1/2+}$ , тогда энергия антинейтрино и электрона можно найти как

$$E_{\bar{\nu}_e} + E_{e^{-}} = Q_{\beta^{-}} - E = 234,9 \text{ кэВ}$$

При подборе реакции на детекторе рассмотрим реакцию электронного захвата на  ${}_{32}^{71}\text{Ge}$



$$Q_{EC} = 229,4 \text{ кэВ}$$

Энергия связи электрона, находящегося на К-оболочке равна  $E_c = 10,37 \text{ кэВ}$ , тогда энергия антинейтрино вычисляется как

$$E_{\bar{\nu}_e} = Q_{EC} + E_c = 239,8 \text{ кэВ}$$

$$\Delta E_{\bar{\nu}_e} = 4,9 \text{ кэВ}$$

Исходя из всего вышеперечисленного, нетрудно понять что резонансные реакции действительно можно поставить, а это значит, что если выбирать как источник антинейтрино  $\text{Xe-133}$  или  $\text{Pr-239}$ , а в качестве вещества детектора  $\text{Ca-41}$  и  $\text{Ge-71}$  соответственно, то с большой долей вероятности сечение образованных антинейтрино будет достоточным, для их изучения.

Спасибо за внимание!