

3.4 Двойной бета-распад

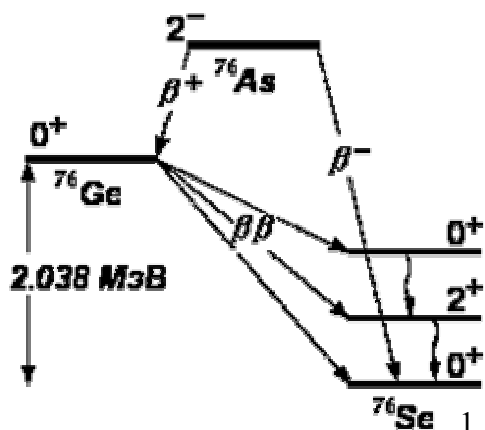
В 1934 Э.Ферми сформулировал теорию бета-распада. Уже через год Мария Гепперт - Майер указала на возможность существования двойного бета-распада. Последующее развитие ядерной физики показало, что если число ядер, распадающихся по обычным каналам одиночных электронного и позитронного бета-превращений очень велико, то примеров двойного бета-распада, известных к настоящему моменту, всего несколько. В некоторых случаях, когда для четно-четных ядер невозможен бета-распад на нечетно-нечетное ядро, оказывается энергетически возможным переход с изменением Z на две единицы - двойной бета-распад. Ожидали, что у радионуклидов, распадающихся по двойному бета-распаду будут иметь очень большие периоды полураспада. Эксперимент подтвердил это предположение.

Так у изотопов ^{128}Te и ^{130}Te (их содержание в естественной смеси этого элемента 31.7% и 33.8% соответственно) вероятность двойного бета-распада очень мала, периоды полураспада $T_{1/2}(^{128}\text{Te}) = 7.7 \cdot 10^{28}$ лет, $T_{1/2}(^{130}\text{Te}) = 2.7 \cdot 10^{21}$ лет.

На сегодняшний день достоверно установлено наличие лишь двунейтринного двойного бета-распада, допускаемого классической теорией и потому не представляющего особого интереса. Для безнейтринной моды, обнаружение хотя бы одного примера которой будет означать необходимость пересмотра положений стандартной модели, пока получены лишь нижние ограничения на периоды полураспада.

Пристальное внимание к этому вопросу происходит по следующим причинам:

1. Изучение двойного бета-распада - один из способов установления наличия или отсутствия массы покоя у нейтрино. Этот фактор весьма существенен для выбора космологического сценария эволюции нашей вселенной в отдаленном будущем, тесно сопряженного с проблемой скрытой массы, вопросом о гравитационной устойчивости скоплений галактик и рядом других. Необходимо отметить, что существование массы покоя у нейтрино необходимо для возможности нейтринных осцилляций, могущих, в частности, объяснить меньший поток солнечных электронных нейтрино, чем теоретически предсказываемый, если исходить из безмассовости этих частиц.
2. Исследуя безнейтринный двойной бета-распад, можно подвергнуть проверке закон сохранения лептонного заряда. Только через эту моду распада можно узнать природу массы нейтрино, если таковая имеется. Качественный вопрос об этой массе не менее важен, чем количественный.



Одними из наиболее продуктивных считаются эксперименты с изотопом ^{76}Ge , схема распада которого приведена на Рис. .

Рис.28. Схема распада ^{76}Ge .

В 1994 была предпринята попытка обнаружения безнейтринного двойного бета распада упомянутого выше изотопа ^{130}Te . Результаты вкратце можно представить так:

1. Период полураспада изотопа по безнейтринному каналу свыше $(1.8 - 2.8) 10^{22}$ лет. Это на порядок превышает значение, полученное в ранних экспериментах.

Доля безнейтринного распада не более 4.4%.

Масса нейтрино не превышает 2 - 6 эВ.