

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



7057

Экз. чит. зала

P1 - 7057

В.В.Глаголев, К.Д.Толстов

ВОЗМОЖНО ЛИ ДИНАМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ
НА РАСПАД НЕЙТРОНА?

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7057

В.В.Глаголев, К.Д.Толстов

ВОЗМОЖНО ЛИ ДИНАМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ
НА РАСПАД НЕЙТРОНА?

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

Вопрос о возможной зависимости постоянного распада элементарных частиц от внешних условий принципиально важен. Выяснению этого вопроса могут способствовать исследования нейтрона, обладающего периодом полураспада $\tau = 10,7$ мин.

Известен электромагнитный формфактор нейтрона, связанный, очевидно, с его структурой, от которой, в сущности, и должен зависеть его распад. Выяснение этой связи и объяснение на ее основе распада нейтрона - дело будущего и на этом пути большое значение должны иметь данные о внешних воздействиях, которые могут повлиять на период распада нейтрона. Очевидно, что в стабильных атомных ядрах нейтрон также стабилен и напротив - при некоторых ядерных реакциях происходит β -распад за очень короткое время.

В 1947 г. в работах Э.Сегре и Р.Даудела^{/1,2/} было сделано предположение о возможном изменении скорости распада ядра ${}^7\text{Be}$ вследствие влияния химической связи атома на захват орбитальных электронов, и в^{/3/} получено экспериментальное подтверждение этого предположения. В настоящее время известна большая совокупность данных о влиянии на радиоактивность внешних условий: молекулярного состояния атомов, электрического поля, давления /см., например, обзор^{/4/}/. Приведем некоторые примеры. В работе^{/5/} исследовалась зависимость периода полураспада изотопа ${}^{99}\text{Tc}$ от напряженности электрического поля и было найдено, что $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \pm 12 \pm 2 \cdot 10^{-5}$ в поле $2 \cdot 10^4$ в/см. В^{/6/} показано, что давление 100 кбар увеличивает постоянную внутренней конверсии γ -квантов в ${}^{99}\text{Tc}$; $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \pm 2,3 \pm 0,5 \cdot 10^{-4}$.

Возвратимся к возможной зависимости распада свободного нейтрона от внешних условий. Мы имеем в настоящее время в принципе три способа воздействия на нейтрон: электрическим или магнитным полем и динамическим воздействием - ударом. Последние опыты /7/ показали, что отношение электрического дипольного момента нейтрона к заряду электрона $\frac{\mu_e}{e} \leq 5 \cdot 10^{-23}$ см,

и, следовательно, даже в полях с напряженностью 10^6 в/см изменение энергии $\Delta E_e \leq 5 \cdot 10^{-17}$ эв. Магнитный момент нейтрона составляет 1,91 ядерного магнетона и в полях с напряженностью 10^5 гаусс $\Delta E_m = 6 \cdot 10^{-7}$ эв.

Наиболее действенным и доступным представляется динамическое воздействие, которое испытывает быстрый нейтрон в столкновениях с нуклонами и ядрами.

Наглядными и решающими в случае установления эффекта являются опыты в пузырьковых или стримерных камерах. Рассмотрим некоторые примеры.

В водородной пузырьковой камере, облучаемой нейтронами, в случае, если динамическое воздействие, например, при упругом $n-p$ -рассеянии с некоторой вероятностью вызывает распад нейтрона, будет наблюдаться 2-лучевая звезда, близкая по кинематике к упругому pp -рассеянию, с электроном, вылетающим из ее центра. При облучении водородной пузырьковой камеры дейтонами /если произойдет распад нейтрона в упругих или неупругих столкновениях/ возможно наблюдать события типа $d + p \rightarrow 3p + e^- + \bar{\nu}$; $d + p \rightarrow 3p + n + e^- + \bar{\nu}$ и т.д., т.е. отличающиеся от обычных числом лучей.

Спектр электронов при распаде нейтронов, измеренный в /8/, показан на рис. 1. Используя его в предположении изотропии распада в системе нейтрона, мы приближенно рассчитали спектр электронов при распаде нейтронов с импульсом 1,5 Гэв/с. Этот спектр также показан на рис. 1. Отметим, что электрон с кинетической энергией 1 Мэв имеет пробег в водородной пузырьковой камере $\approx 3,4$ см, а в стримерной камере с воздушным наполнением ≈ 2 м. При распаде нейтрона с импульсом 5 Гэв/с спектр электронов простирается от 0,15 до 18 Мэв.

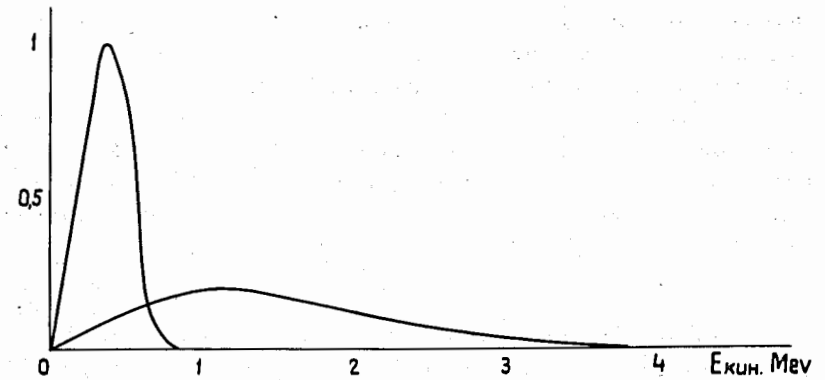


Рис. 1

Рассмотрим фоновые условия, которые могут иметь место при поиске интересующих событий.

а/ Если естественный распад нейтрона происходит на расстояниях ≥ 2 мм от места упругого или неупругого столкновения с протоном в водородной пузырьковой камере, то этот распад надежно отделяется от распада в центре звезды при столкновении. Следовательно, вероятность случайного совпадения с центром звезды w есть: $w \leq 2 \text{ мм/с} \cdot \tau \approx 10^{-14}$

б/ Более существенным источником фона могут явиться случайные наложения взаимодействий с δ -электронами, образуемыми протонами. Дистанция, на которой они образуются, имитируя вылет из звезды, ≤ 2 мм, и вероятность образования протоном δ -электрона с энергией $> 0,5$ Мэв в жидком водороде на этом расстоянии составит $w = 0,004$. Распад нейтрона в результате столкновения, т.е. событие с четным числом лучей в $n-p$ -столкновениях и нечетным - в dp -столкновениях /помимо электрона/, может быть имитирован фоном, если вблизи δ -электрона, т.е. на расстояниях ≤ 2 мм, произойдет вторичное взаимодействие, вероятность которого в случае дейтонного пучка $w_d = 0,0007$.

Результирующая вероятность $w = w_e \cdot w_d = 3 \cdot 10^{-6}$. Фоновые события будут отличаться и по кинематическим признакам, т.к. в случае $n-p$ -взаимодействий не будет быстрого протона как при распаде нейтрона, а в случае

dp - взаимодействий в фоновых событиях будет один быстрый протон /входивший в состав дейтона/ и два быстрых протона при распаде нейтрона.

в/ Случайное наложение δ -электрона и упругой np -перезарядки будет иметь вероятность $\approx 10^{-5}$ при импульсе нейтрона ≈ 1 Гэв и меньшую вероятность при больших импульсах, но это будет только однолучевая звезда с электроном, а не двухлучевая, как в случае $n + p \rightarrow 2p + e^- + \bar{\nu}$.

Оценим среднюю силу F , действующую на нейтрон при упругом np -рассеянии. Примем, что $\langle v_{\perp} \rangle = 0,3$ Гэв/с; $v \approx c$; область действия силы $\Delta r \approx 2 \cdot 10^{-13}$ см. Тогда имеем $F \approx 2,4 \cdot 10^9$ дин и время действия $t \approx 2/3 \cdot 10^{-23}$ сек.

Целесообразно обсуждать усиление возможного эффекта при использовании многократных столкновений нейтронов с ядрами тяжелых элементов. Средняя логарифмическая потеря энергии нейтроном при упругом столкновении с тяжелым ядром с атомным весом "А" равна: $\xi \approx 2/A$. Энергия нейтрона E_n после n столкновений равна $E_n = E_0 e^{-\xi n}$. Следовательно, для замедления нейтрона от 14 до 1 Мэв при столкновениях с ядром ^{208}Pb нужно ≈ 550 столкновений. Однако реализация опыта в таких условиях затруднена сложностью детектирования сравнительно малоэнергетичных протона и электрона. Необходимо чередование тяжелого материала с газовой средой, т.е. нужно иметь устройство, включающее пропорциональную или стримерную камеры с тонкими проволоками из тяжелого материала. Для получения значительного числа столкновений это устройство должно иметь большие размеры.

В опытах с водородными пузырьковыми камерами при облучении их нейтронами, когда общее число взаимодействий $\approx 10^6$, можно рассчитывать на обнаружение распада нейтрона, если сечение этого процесса $\approx 10^{-32}$ см². Обнаружение таких событий связало бы сильные взаимодействия со слабыми.

1. E.Segre. *Phys.Rev.*, 71, 274 (1947).
2. R.Daudel. *Rev.Sci. Paris* 85, 162 (1947).
R.Daudel. *J.Phys.Radium* 8, 336 (1947).
3. E.Segre, C.E.Wiegand. *Phys.Rev.*, 75, 39 (1949).
4. S. de Benedetti, F.S.Barros, G.R.Hoy. *Annal. Rev. of Nucl.Sci.*, 16, 31 (1966).
5. K.Lenenberger et al. *Helv. Phys.Acta*, 43, 411 (1970).
6. H.Mazaki, T.Nagatomo, S.Shimizi. *Phys.Rev.*, C5, 1718 (1972).
7. J.K.Baird et al. *Phys.Rev.*, 179, 1285 (1969).
8. J.M.Robson. *Phys.Rev.*, 83, 349 (1951).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 апреля 1973 года.