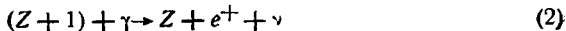


ФОТОДИССОЦИАЦИЯ ПРОТОНА

Рассмотрим какую-нибудь реакцию бета-распада



(Z — заряд исходного ядра; e^{-} , ν и Q означают, соответственно, электрон, нейтрино и разность энергий начального и конечного ядер). Если реакция (1) возможна, то должна идти и обратная (эндотермическая) реакция:



(e^{+} , γ означают, соответственно, позитрон и γ -квант), если только энергия γ -лучей достаточно велика. (Она должна быть равна энергии покоя пары электрон—позитрон плюс Q .) В частности, поскольку теория бета-распада предсказывает радиоактивность свободного нейтрона (реакция (1) при $Z = 0$), можно предполагать фотопревращение протона в нейтрон (реакция (2) при $Z = 0$). Для этого требуются γ -лучи с энергией 1,77 MeV (разность масс

нейтрона и протона 0,75 MeV; энергия покоя пары электрон—позитрон 1,02 MeV). Теоретическому и экспериментальному исследованию этой возможности посвящены две заметки^{1,2}.

В экспериментальной работе¹ превращение протона в нейтрон под действием γ -лучей сравнивалось с фотодезинтеграцией дейтерона и бериллия (пороговые энергии γ -лучей: 2,19 MeV для дейтерона, 1,63 MeV для бериллия). Источник γ -лучей (Mn^{56} , испускающий четыре γ -линии с энергиями 0,845, 1,81, 2,13 и 2,7 MeV) помещался в центре цилиндрического сосуда, содержащего 22,5 л дистиллированной воды. Для обнаружения нейтронов между источником и водой на три минуты помещался серебряный цилиндр, который затем быстро удалялся и ставился так, что внутри него оказывался тонкостенный счётчик Гейгера. Нейтроны регистрировались по активности, вызываемой ими в серебре. Затем часть воды заменялась последовательно известными количествами тяжёлой воды и раствора хлорида бериллия и прodelывались те же операции. Учтя активность, создаваемую в серебре γ -лучами и внося поправку на различное число присутствовавших атомов H, D и Be, авторы получают следующие отношения¹ эффективных сечений для фотодезинтеграции протона (σ_H), дейтерона (σ_D) и ядра бериллия (σ_{Be}):

$$\frac{\sigma_H}{\sigma_{Be}} < 5 \cdot 10^{-5}; \quad \frac{\sigma_{Be}}{\sigma_D} = 5.$$

Последнее отношение, как указывают авторы, не представляет существенного интереса, так как число γ -квантов, вызывающих дезинтеграцию бериллия и дейтерона, различно. Только квант 2,7 MeV расщепляет дейтрон, в то время как Be расщепляется ещё под действием γ -лучей с энергиями 1,81, и 2,13 MeV. Однако первое отношение (означающее практическое отсутствие нейтронов, вызванных фотодезинтеграцией протонов) можно использовать для оценки верхнего предела σ_H . Принимая для σ_{Be} при энергии γ -лучей около 2 MeV значение³ $\sim 8 \cdot 10^{-28} \text{ см}^2$, авторы получают:

$$\sigma_H < 4 \cdot 10^{-32} \text{ см}^2 \text{ при энергии } \gamma\text{-лучей } \sim 2 \text{ MeV}.$$

Теоретическое исследование реакции превращения протона в нейтрон проводится весьма просто на основе фермиевской теории бета-распада². Принимая скалярный вариант взаимодействия электроно-нейтринного и протон-нейтронного полей, автор получает:

$$\sigma_H \sim \frac{30}{\pi^2} \frac{e^2}{hc} G^2 \left(\frac{h}{m_e c} \right)^2 \left\{ \left[\frac{E_\gamma - (M_n c^2 - M_p c^2)}{m_e c^2} \right]^2 \cdot \frac{m_e c^2}{E_\gamma} \right\}, \quad (3)$$

где G — безразмерная константа, характеризующая величину фермиевского взаимодействия, m_e , M_p , M_n — массы, соответственно, электрона, протона и нейтрона, E_γ — энергия γ -лучей.

Для $E_\gamma \sim 2 \text{ MeV}$ имеем: $\sigma_H \sim 10^{-46} \text{ см}^2$. Это прекрасно согласуется с тем, что на опыте не удалось обнаружить исследуемый эффект.

Таким образом, фотодезинтеграция протона оказывается чрезвычайно маловероятной, что, однако, не умаляет принципиального значения этой реакции.

В. Авербах

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. L. Burling a. F. N. D. Kurie, Phys. Rev. 74, 109 (1948).
2. H. Primakoff, Phys. Rev. 74, 110 (1948).
3. B. Russell, D. Sachs, A. Wattenberg a. R. Fields, Phys. Rev. 73, 545 (1948).