

УДК 537.6+539.171

А. И. СЕРЫЙ

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**О ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ СВЯЗАННОГО
СИНГЛЕТНОГО СОСТОЯНИЯ ДВУХ НУКЛОНОВ
В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Известно, что при обычных условиях связанное синглетное состояние между протоном и нейтроном отсутствует, несмотря на притяжение между ними [1, с. 12, 21]. В 1960 г. Ю.А. Бычков показал, что в присутствии внешнего магнитного поля достаточной интенсивности связанное состояние должно появляться при сколь угодно мелкой яме [2, с. 557].

При этом точное решение уравнения Шредингера при наличии магнитного поля известно далеко не для всех феноменологических нуклон-нуклонных потенциалов. В частности, такое решение удалось получить для потенциала, который вне области ядерных сил равен нулю, а в пределах этой области представляет собой параболическую яму, параметры которой согласуются с эффективным радиусом и длиной рассеяния в синглетном состоянии [3, с. 323–328]. В рамках такой модели предсказывается образование связанного состояния при магнитных полях с индукцией порядка 10^{18} Гс. Можно показать, что для двух протонов соответствующее пороговое значение чуть выше, но такое же по порядку величины.

В обоих случаях связанные синглетные состояния оказываются нестабильными, а при учете кулоновского барьера оказывается, что для двух протонов возможен распад, объясняемый на основе туннельного эффекта [2, с. 105–111].

В связи с изложенным выше, представляется интересным выполнить сравнительный анализ двух состояний с точки зрения некоторых характеристик (таблицы 1 и 2). Учтено, что у синглетных состояний в магнитном поле есть отличная от нуля циклотронная энергия, а собственный магнитный момент равен нулю в силу нулевого значения спина.

Таблица 1 – Основные параметры связанных синглетных состояний двух нуклонов

Пара нуклонов	нейтрон и протон	два протона
Необходимость объяснения некоторых каналов распада на основе туннельного эффекта	нет	да

Продолжение таблицы 1

Пороговое значение индукции магнитного поля, 10^{18} Гс в модели параболического потенциала	2,81	3,53
Наличие аналогичного триплетного состояния	да (дейтрон)	нет

Таблица 2 – Основные возможные каналы распада синглетных состояний

Исходное состояние		А. Нейтрон и протон $(np)_s$	Б. Два протона $(pp)_s$
1. Конечное состояние – триплетный дейтрон d_t	как реализуется переход	через испускание гамма-кванта	$(pp)_s \rightarrow d_t + e^+ + \nu_e$
	при каких условиях	всегда, потому что у триплетного дейтрона энергетический уровень всегда ниже	$m_n c^2 + (0,8574 + g_t) \mu_Y B + m_e c^2 (1 - \sigma_e) - \varepsilon_d < m_p c^2 - \varepsilon_{pp} + g_{pp} \mu_Y B$
2. Конечное состояние – пара свободных протонов	как реализуется переход	$(np)_s \rightarrow p + p + e^- + \tilde{\nu}_e$	$(pp)_s \rightarrow p + p + n \gamma, n \geq 0$
	при каких условиях	$m_p c^2 + 2(1 - \sigma_p) \mu_Y B + m_e c^2 (1 - \sigma_e) < m_n c^2 - \varepsilon_{np} + g_{np} \mu_Y B$	если квазидискретный уровень для $(pp)_s$ положителен
3. Конечное состояние – А (см. выше)	как реализуется переход	состояние совпадает с исходным, поэтому вопрос лишен смысла	$(pp)_s \rightarrow (np)_s + e^+ + \nu_e$
	при каких условиях		$m_n c^2 - \varepsilon_{np} + g_{np} \mu_Y B + m_e c^2 (1 - \sigma_e) < m_p c^2 - \varepsilon_{pp} + g_{pp} \mu_Y B$
4. Конечное состояние – Б (см. выше)	как реализуется переход	$(np)_s \rightarrow (pp)_s + e^- + \tilde{\nu}_e$	состояние совпадает с исходным, поэтому вопрос лишен смысла
	при каких условиях	$m_p c^2 - \varepsilon_{pp} + g_{pp} \mu_Y B + m_e c^2 (1 - \sigma_e) < m_n c^2 - \varepsilon_{np} + g_{np} \mu_Y B$	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ситенко, А. Г. Лекции по теории ядра / А. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский – М. : Атомиздат, 1972. – 351 с.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – 5-е изд. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – Т. 3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория). – 808 с.
3. Серый, А.И. О синглетном состоянии системы «нейтрон-протон» с параболическим потенциалом в магнитном поле / А.И. Серый // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути : зб. наук. пр. : матеріали XIII міжнародної наук.-практ. інтернет-конф., Київ, 26 лют. 2021 р. – Київ, 2021. – С. 322–331.