

УДК:523.877

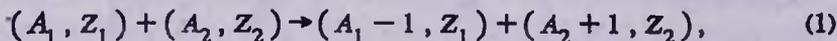
О ВЛИЯНИИ СИЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЫХОД "n"-РЕАКЦИЙ

С.С.ЛИПОВЕЦКИЙ, А.М.МОЙСЮК, В.С.СЕКЕРЖИЦКИЙ

Поступила 1 февраля 1993
Принята к печати 25 марта 1993

Исследуется влияние магнитного поля на реакции обмена ядер нейтронами в холодном плотном электронно-ядерном веществе. Показано, что при заданной плотности вещества сверхсильное магнитное поле уменьшает массовое число наиболее устойчивого ядра и увеличивает энергетический выход этих реакций.

В настоящем сообщении мы приведем результаты исследования характера влияния сильного магнитного поля на энергетический выход "n"-реакций — реакций обмена ядер нейтронами:



где (A, Z) — символическое обозначение ядра с массовым и зарядовым числами A и Z . Согласно [1], реакции такого типа представляют собой заключительный этап пикноядерных реакций, посредством которых в плотном веществе белых карликов и нейтронных звезд происходит переход к абсолютно равновесному состоянию. Возможность существования в недрах сверхплотных астрофизических объектов магнитных полей, способных оказывать квантующее действие на релятивистские электроны вырожденной электронно-ядерной плазмы, делает актуальной задачу об учете их влияния на пикноядерные реакции.

Равновесные термодинамические и ядерные параметры холодного плотного электронно-ядерного вещества в сильном магнитном поле вычислялись нами в [2]. Как и в [2], пренебрегая кинетической энергией и взаимодействием ядер по

сравнению с их энергией покоя и считая электронный газ крайне вырожденным и идеальным, представим плотность энергии среды в виде:

$$w = w_A + w_e, \quad (2)$$

где w_A и w_e — плотности энергий ядер и электронов, $w_A \approx m_A c^2 n_A$, n_A — концентрация ядер, $m_A c^2 = (A - Z) m_n c^2 + Z m_p c^2 + W$ — энергия покоя ядра, m_n и m_p — массы нейтрона и протона, W — энергия связи ядра. Мы не приводим здесь выражений для W и w_e в силу их громоздкости. Они даны в [2], где имеются ссылки на соответствующие оригинальные работы. Полагая среду

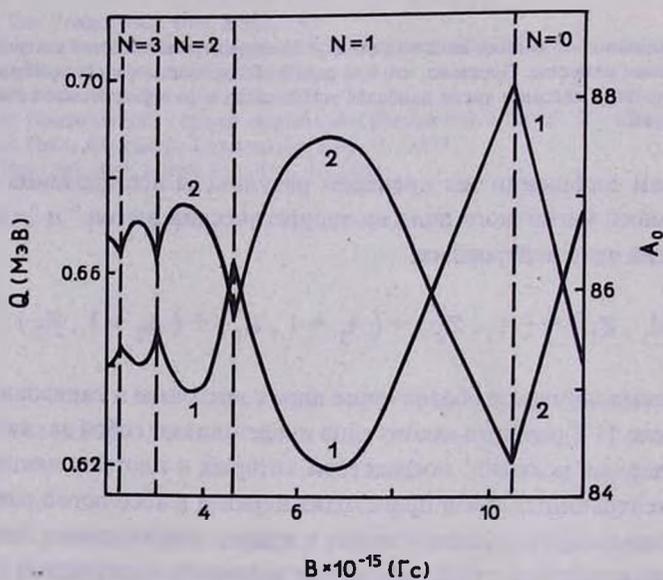


Рис.1. Зависимость массового числа A_0 (линия 1) и энергетического выхода "n"-реакции Q (линия 2) от индукции магнитного поля B для $\rho = 10^{10} \text{ гсм}^{-3}$ и $A_1 = A_0 + 1$, $A_2 = A_0 - 1$, $Z_1 = Z_2 = Z_0$. $N = 0, 1, 2, 3, \dots$ — номер квантового уровня Ландау для электронов в магнитном поле.

электро-нейтральной, имеем $n = A n_A = A Z^{-1} n_e$, где n_e — концентрация электронов, $n \approx \rho / m_n$ — концентрация нуклонов, ρ — плотность вещества.

При фиксированных значениях индукции магнитного поля B и плотности ρ абсолютно равновесному состоянию холодного вещества соответствует минимум его энергии, т.е.

$$\frac{dw}{dZ} = \frac{dw}{dA} = 0. \quad (3)$$

Проведение расчетов по изложенной схеме позволяет каждому значению плотности ρ поставить в соответствие массовое A_0 и зарядное Z_0 числа наиболее устойчивого ядра.

Как известно [1], энергетический выход " n " — реакций для средних и тяжелых ядер с достаточной степенью точности определяется выражением

$$Q = \frac{dW(A_1, Z_1)}{dA_1} - \frac{dW(A_2, Z_2)}{dA_2}. \quad (4)$$

Результаты численных расчетов представлены на рисунке. В качестве A_1 и A_2 взяты массовые числа, отличающиеся на единицу от A_0 , при равенстве зарядных чисел. Таким образом, рассматривается конечный этап перехода вещества к абсолютно устойчивому состоянию. Легко видеть, что при изменении индукции магнитного поля величины A_0 и Q осциллируют, причем амплитуда осцилляций увеличивается с ростом B . Осцилляции обусловлены квантованием движения электронов в магнитном поле. При $B \geq 1.1 \cdot 10^{16}$ Гс (квантовый предел сверхсильного магнитного поля для релятивистского электронного газа при $\rho = 10^{10} \text{ г см}^{-3}$) A_0 убывает, а Q возрастает с увеличением B . Последнее, очевидно, является следствием первого.

Итак, сверхсильное магнитное поле при фиксированном значении плотности вещества, заметно уменьшая массовое число равновесного ядра и изменяя его энергию связи, увеличивает, тем самым, энергетический выход " n " — реакций.

Отметим в заключение, что если фиксировать значение массового числа A_0 , то имеют место осцилляции, а затем рост плотности ρ с увеличением индукции поля B . При этом энергетический выход " n " — реакций практически не зависит от $B \leq 10^{17}$ Гс и начинает заметно уменьшаться лишь при $B \geq 10^{18}$ Гс. Столь сильные поля здесь не рассматриваются, т.к. их существование в реальных астрофизических объектах весьма проблематично.

ON THE INFLUENCE OF THE STRONG MAGNETIC FIELD ON THE RELEASED ENERGY. "n"-REACTIONS

S.S.LIPOVETSKI, A.M.MOJSJUK, V.S.SEKERZITSKI

The influence of magnetic field on the reactions of nucleiexchange by neutrons in a cold dense electron-nuclear matter is investigated. It is shown that the superstrong magnetic field decreases mass number of the most stable nuclei and increases released energy of these reactions under the given density.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С.Саакян, Р.М.Авакян, *Астрофизика*, 8, 123, 1972.
2. С.С.Липовецкий, В.С.Секержицкий, *Астрофизика*, 20, 315, 1984.