

Замедление резонансных нейтронов в веществе

(Сообщение 4)

Д. А. КОЖЕВНИКОВ, В. С. ХАВКИН

УДК 621.039.512.4

Рассмотрена зависимость возраста нейтронов $\tau_s(u, t)$ от времени. В простейшем спектральном приближении (Вигнера) при изотропном рассеянии и постоянной длине свободного пробега

$$\tau_s(u, t) = \tau_s(u) + \frac{\lambda^2}{3} \left[x^2 - 1 + \frac{2h}{\xi} (x + \ln x - 1) \right]. \quad (1)$$

Здесь $\tau_s(u)$ — полный стационарный возраст нейтронов; h — полная вероятность рассеяния; $x = t / \langle t(u) \rangle$, где $\langle t(u) \rangle$ — среднее время замедления.

Изучены аналитические особенности полного формального решения задачи о стационарном замедлении нейтронов. В явной форме получено пространственно-угловое и энергетическое распределения нейтронов на малых расстояниях от источника. Этот результат не зависит от порядка B_N ($N \geq 1$)-приближения и имеет единую форму для всех спектральных приближений:

$$\Psi(z, u, \mu) = \chi(z, u, \mu) \Psi_0(z, u); \quad (2)$$

$$\chi(z, u, \mu) =$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{zZ(u, \mu)}{2\tau_0(u)} + \frac{z^2}{4\tau_0^2(u)} [\tau_s(u, \mu) - \tau_s(u)] + \dots \right\}; \quad (3)$$

$$\Psi_0(z, u) =$$

$$= \frac{\Psi_0(u) e^{-z^2/4\tau_0(u)}}{\sqrt{4\pi\tau_0(u)}} \left\{ 1 + \frac{z^2}{4\tau_0^2(u)} [\tau_s(u) - \tau_0(u)] + \dots \right\} \quad (4)$$

Спектр нейтронов $\Psi_0(u)$, полный $\tau_s(u)$ и фермиевский $\tau_0(u)$ возраст нейтронов, а также второй пространственно-угловой момент $\tau_s(u, \mu)$ были вычислены ранее [1, 2] в четырех спектральных приближениях (Вигнера, Вейнберга — Вигнера, обобщенном и стандартном приближениях Грюлинга — Герцеля). Величины $\tau_s(u, \mu)$ и $Z(u, \mu)$ (первый пространственно-угловой момент) зависят от функции углового распределения источника нейтронов. Условие применимости (3), (4) формулируется в виде неравенства

$$z \ll \frac{2\tau_0(u)}{\lambda_{\max}}, \quad (5)$$

где λ_{\max} — максимальная на интервале замедления длина свободного пробега. При выполнении усло-

вия (5) классическое возрастное приближение справедливо для сред с любым содержанием водорода, но оказывается неприменимым для любого поглощающего замедлителя. Результаты (3) — (5) справедливы при произвольной энергетической зависимости сечений взаимодействия и (как и общее формальное решение) легко обобщаются на случай учета неупругого рассеяния и дифракционной анизотропии.

На больших расстояниях от источника пространственно-энергетическое распределение нейтронов определяется характером энергетической зависимости полного сечения взаимодействия. Для выяснения принципиальных свойств функции распределения, обусловленных резонансным характером зависимости $\Sigma(u)$, рассмотрен случай одного отрицательного резонанса (интерференционного минимума) сечения в приближении Вигнера для изотропной индикатрисы рассеяния. В этом случае

$$\Psi_0(z, u) = B(u) F(z), \quad (6)$$

где фактор накопления $B(u)$ описывает спектр нейтронов, а $F(z)$ не зависит от энергии и определяется только шириной резонанса Γ и характеристиками взаимодействия h и ξ при резонансной энергии:

$$F(z) = \frac{E_1(z/\lambda)}{\lambda\Gamma(\beta)} \left(\frac{2z}{\lambda} \right)^\beta \left\{ 1 + 0 \left[\frac{1}{z} \ln \frac{z}{\lambda} \right] \right\}, \quad (7)$$

где $E_1(x)$ — интегрально-показательная функция; $\lambda = \Sigma_{\min}^{-1}$; $\beta = \frac{h\Gamma}{2\xi}$. Этот же результат справедлив для двух (и более) отрицательных резонансов, для которых значения Σ_{\min} совпадают. В последнем случае $\beta \rightarrow \beta^* = \beta_1 + \beta_2 + \dots$

(№ 446/5893. Поступила в Редакцию 20/V 1970 г. Полный текст 0,5 а. л., 2 рис., 7 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. А. Кожевников, В. С. Хавкин. «Атомная энергия», 27, 143 (1969).
2. Д. А. Кожевников, В. С. Хавкин. Там же, 29, 365 (1970).