

## ВЫЧИСЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ НЕКОГЕРЕНТНОГО НЕУПРУГОГО РАССЕЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНОВ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

Д.МАСТИ

*Бакинский Государственный Университет  
AZ 1243, г.Баку, ул.З.халилова,23*

Вычислены сечения рассеяния нейтронов в уравнениях переноса в ядерной физике на основании законов рассеяния. Показана возможность использования полученных результатов в компьютерном коде программирования.

Дифференциальное сечение рассеяния тепловых нейтронов газов, жидкостей, или твердых тел выражается через функцию рассеяния -  $S(\alpha, \beta)$  следующим образом [1,2]

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} (E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') = \frac{\sigma_b}{4\pi kT} \sqrt{\frac{E'}{E}} e^{-\beta} S(\alpha, \beta), \quad (1)$$

где

$$S(\alpha, \beta) = \sigma_{\text{coh}}/\sigma_b \cdot S_{\text{coh}}(\alpha, \beta) + \sigma_{\text{inc}}/\sigma_b \cdot S_{\text{inc}}(\alpha, \beta), \quad (2)$$

$E$  и  $E'$  - энергии нейтронов до и после рассеяния в лабораторной системе,  $\Omega$  - телесный угол в лабораторной системе,  $\sigma_b$  - полное сечение рассеяния нейтронов ( $\sigma_b = \sigma_b^{\text{coh}} + \sigma_b^{\text{inc}}$ ),  $kT$  - температура в eV, и  $S(\alpha, \beta)$  - симметричная форма функции рассеяния.

$S(\alpha, \beta)$  зависит только от двух переменных:

1) от импульса передачи  $\kappa$

$$\alpha = \frac{E' + E - 2\sqrt{E'E} \cos\theta}{AkT} = \frac{\hbar^2 \kappa^2}{2MkT}, \quad (3)$$

где  $A$  отношение массы рассеивающегося атома  $M$  к нейтронной массе,

2) от энергии передачи  $\varepsilon$

$$\beta = \frac{E' - E}{kT} = \frac{\varepsilon}{kT}. \quad (4)$$

В ядерном реакторе уравнение переноса вычисляться по формуле [3-5]

$$\vec{\Omega} \cdot \nabla \Phi + \Sigma(\vec{r}', E') \Phi(\vec{r}', E', \vec{\Omega}') = \int \Sigma_s(\vec{r}', E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') \Phi(\vec{r}', E, \vec{\Omega}) + \frac{1}{K_{\text{eff}}} \int \Sigma_f(\vec{r}', E) \bar{v} \frac{1}{4\pi} \chi(E') \Phi(\vec{r}', E, \vec{\Omega}) d\vec{\Omega} dE, \quad (5)$$

где  $\Phi$  - поток нейтронов,  $K_{\text{eff}}$  - эффективный коэффициент размножения,  $\bar{v}$  - число нейтронов в каждом акте деления,  $\chi$  - спектр нейтронов в каждом акте деления,  $\Sigma_s$  - макроскопическое сечение рассеяния нейтронов,  $\Sigma_f$  - макроскопическое сечение деления нейтронов.

Функция рассеяния  $S(\alpha, \beta)$  при низких энергиях вычисляется аналитически. Для вычисления микроскопического сечения некогерентного неупругого рассеяния  $\sigma_{\text{inc}}$  принимаем  $K_{\text{eff}}=1$  (критическое состояние) и производим расчет сечения для тепловой области с помощью соотношения

$$\Sigma_s(\vec{r}', E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') = N(\vec{r}') \cdot \frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} (E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}'), \quad (6)$$

где  $N(\vec{r}')$  - плотность нейтронов.

Подставляя  $S(\alpha, \beta)$  из (1) в (5) для макроскопического сечения рассеяния и получаем

$$\Sigma_s(\vec{r}', E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') = N(\vec{r}') \cdot \frac{\sigma_b}{4\pi kT} \sqrt{\frac{E'}{E}} e^{-\frac{\beta}{2}} S(\alpha, \beta) \quad (7)$$

При расчетах для гомогенных реакторов функция рассеяния нейтронов зависит только от косинуса угла между начальным и конечным направлением его движения (см.3).

В некогерентном приближении

$$S_{\text{coh}}(\alpha, \beta) = S_{\text{inc}}(\alpha, \beta). \quad (8)$$

Далее из (2) получим

$$S(\alpha, \beta) = S_{\text{inc}}(\alpha, \beta). \quad (9)$$

В этих приближениях дифференциальное сечение можно представить в виде

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'}(E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') = \sigma_{\text{inc}}^s(E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}'). \quad (10)$$

Тогда уравнение (6) принимает вид

$$\Sigma_s(\vec{r}', E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') = N(\vec{r}') \cdot \sigma_{\text{inc}}^s(E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}'), \quad (11)$$

где

$$\sigma_{\text{inc}}^s(E \rightarrow E', \vec{\Omega} \rightarrow \vec{\Omega}') = \frac{\sigma_b}{4\pi kT} \sqrt{\frac{E'}{E}} e^{-\frac{\beta}{2}} S_{\text{inc}}(\alpha, \beta). \quad (12)$$

Расчет функции  $S(\alpha, \beta)$  производится с учетом реального спектра фоновых возбуждений среды и дискретных уровней возбуждения, связанных с вращением и колебанием молекул среды в многофононном приближении.

1. M.Mattes and J.Keinert, *International atomic energy agency INDC(NDS)-0470-Distr. AC Institute for Nuclear Technology and Energy Systems (IKE) - University of Stuttgart, Germany, (2005) 10.*
2. П.А.Андросенко, М.Р.Малков, *IV Конференция «Научно-инновационное сотрудничество», ISBN 5-7262-0559-6, Часть1 (2005) 89*
3. *EG&G Idaho, ANISN-PC Multigrain One-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code System with Anisotropic Scattering, (1994) 20.*
4. R.Dagan, *On the effect of the resonant dependent scattering kernel for heavy isotopes, Forschungszentrum Karlsruhe Institute Reaktorsicherheit, Germany, (2007) 2.*
5. John Lamarsh, *Introduction to Nuclear Engineering, Addison-Wesley Company, 1(977).*

#### NÜVƏ REACTORLARINDA İSTİLİK NEYTRONLARININ QEYRİ KOHERENT QEYRİ ELASTİKİ SƏPİLMƏLƏRİNİN EFFEKTİV KƏSİYİNİN HESABLANMASI

##### D MƏST

Nüvə reaktorları fizikasının daşıyıcı tənliliklərinə daxil olan effektiv kəsiklərdən biri də neytronların səpilmələrinin effektiv kəsiyidir. Baxılan işdə səpilmə qanunundan istifadə edilərək səpilmənin effektiv kəsiyi hesablanır. Alınan nəticələr kompüter proqram kodlarında istifadə edilə bilinər.

#### CALCULATION OF THE INCOHERENT INELASTIC THERMAL NEUTRON SCATTERING IN NUCLEAR REACTOR

##### D.MASTI

One of the cross sections in transport equation of nuclear reactors physics is neutron scattering cross section. The scattering law has been used for formulation of this cross section. The results will be used in computer code programming.

Редактор:О.Абдинов