



XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG
Paper CREEM2010-MC-04

MODELAGEM COMPUTACIONAL DETERMINÍSTICA DO TRANSPORTE DE NÊUTRONS EM MEIOS MATERIAIS NÃO MULTIPLICATIVOS

Luiz Alencar Fortunato e Ricardo C. Barros

UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Curso de Engenharia Mecânica
Instituto Politécnico - CEP 28630-050 – Nova Friburgo – Rio de Janeiro
E-mail para correspondência: luiz.a.fortunato@hotmail.com

Introdução

A descrição da migração dos nêutrons no interior de um meio material com a probabilidade de interação com os núcleos dos átomos deste meio constitui a modelagem física do fenômeno de transporte de nêutrons. É um fenômeno que possui importantes aplicações, e.g., reatores nucleares, proteção radiológica, medicina nuclear, agronomia, geofísica, entre outras. Uma vez descrita esta modelagem física, o nosso próximo passo é elaborar uma modelagem matemática deste problema físico para podermos simular a distribuição de nêutrons no domínio de interesse. Para fazermos a modelagem matemática via escola determinística, fazemos uso da equação de transporte de nêutrons, frequentemente denominada equação linearizada de Boltzmann, devido à sua similaridade com a expressão obtida por L. Boltzmann em conexão com a teoria da cinética dos gases (Boltzmann, 1872). Devido à complexidade do tratamento analítico da equação linear de transporte de nêutrons, métodos numéricos são desenvolvidos no intuito de se obterem soluções aproximadas para o problema. A formulação de ordenadas discretas S_N , que usamos neste trabalho, consiste em discretizar as variáveis angulares em N direções (ordenadas discretas) e em utilizar um conjunto de quadraturas angulares para a aproximação dos termos integrais de fonte de espalhamento de nêutrons pelos núcleos-alvos do meio material. Os objetivos deste trabalho são os que listamos a seguir: (i) desenvolvimento de um aplicativo para modelagem computacional do transporte de nêutrons, para cálculos de blindagem; (ii) inclusão do evento de espalhamento isotrópico, além dos eventos de absorção e fuga de partículas; (iii) utilização do modelo S_N unidimensional, estacionário e monoenergético com um método numérico generalizado, i.e., DD (*Diamond Difference*), Degrau e Degrau Característico.

Metodologia

Dividimos a metodologia em duas fases. Na fase 1, visando à modelagem computacional do transporte de partículas neutras, utilizamos o método S_N estacionário, monoenergético, em geometria unidimensional cartesiana e com espalhamento isotrópico, cujo modelo matemático é representado pela equação

$$\mu_m \frac{d}{dx} \psi_m(x) + \sigma_{Tj} \psi_m(x) = \frac{1}{2} \sigma_{s0j} \sum_{n=1}^N \omega_n \psi_n(x) + Q_j \quad . \quad (1)$$

Na Eq. (1), $m = 1 : N$ (Lewis e Miller, 1993) e para implementação computacional, utilizamos um método numérico generalizado que apresenta parâmetros nas N equações auxiliares que indicam o método numérico pelo qual o usuário pode optar: método DD, método Degrau ou método Degrau Característico.

Na fase 2, para execução do aplicativo que estamos desenvolvendo, utilizamos o programa MATLAB 7.0 onde implementamos janelas e botões de comando para as diversas funções, e.g., construção de gráficos e de tabelas de resultados.

Resultados

Na Figura 1 apresentamos a tela do aplicativo computacional que desenvolvemos para a modelagem computacional do transporte de nêutrons em meios materiais não multiplicativos para cálculos de blindagem, visando à proteção radiológica. Nesta tela o usuário fornece os dados de entrada do problema: parâmetros materiais, dimensões e mapeamento das regiões do domínio, fonte interior, e ordem da quadratura angular desejada para o modelo S_N . Com esses dados o usuário executa o código sendo dadas as condições de contorno do problema que gera resultados com um prescrito critério de convergência.

Regioes	Mapeamento das Zonas	Espessura	Numero de Nodos	Espessura dos Nodos	Fonte Externa	Zonas	Sigma T	Sigma S
Regiao 1	Zona 1		1	0		Zona 1		
Regiao 2	Zona 1		1	0		Zona 2		
Regiao 3	Zona 1		1	0		Zona 3		
Regiao 4	Zona 1		1	0		Zona 4		
Regiao 5	Zona 1		1	0		Zona 5		
Regiao 6	Zona 1		1	0		Zona 6		
Regiao 7	Zona 1		1	0		Zona 7		
Regiao 8	Zona 1		1	0		Zona 8		
Regiao 9	Zona 1		1	0		Zona 9		
Regiao 10	Zona 1		1	0		Zona 10		
Regiao 11	Zona 1		1	0		Zona 11		
Regiao 12	Zona 1		1	0		Zona 12		
Regiao 13	Zona 1		1	0		Zona 13		
Regiao 14	Zona 1		1	0		Zona 14		
Regiao 15	Zona 1		1	0		Zona 15		
Regiao 16	Zona 1		1	0		Zona 16		
Regiao 17	Zona 1		1	0		Zona 17		
Regiao 18	Zona 1		1	0		Zona 18		
Regiao 19	Zona 1		1	0		Zona 19		
Regiao 20	Zona 1		1	0		Zona 20		

Figura 1 – Tela do aplicativo computacional desenvolvido.

Considerações Finais

Tendo desenvolvido a modelagem computacional para transporte de nêutrons monoenergéticos, cujos resultados nos fornecem taxas de absorção, fugas de nêutrons pelos contornos e o perfil da distribuição de nêutrons no domínio, em forma de tabelas numéricas ou em gráficos, o nosso próximo passo é desenvolver a modelagem computacional para o caso de transporte de nêutrons dependente de energia. Neste caso levamos em consideração as transferências energéticas que ocorrem nos eventos de espalhamento dos nêutrons pelos núcleos-alvos constituintes do meio material.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo fomento a este trabalho de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

Boltzmann, L., Ber. Wein. Akad., Vol. 66, pp.275, 1872.

Lewis E. E.; Miller W.F.Jr., Computational methods of neutron transport. La Grange Park: American Nuclear Society, 1993.