

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOMETRICOS Y NUCLEARES EN LAS MEDICIONES DE SECCIONES DE REMOSION MACROSCOPICAS. SIMULACION POR MONTE CARLO

G. Martín, M.A. Coca y L.F. Desdín, Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear

RESUMEN

La sección de remosión macroscópica es una magnitud física que caracteriza las propiedades de los materiales para el blindaje de la radiación neutrónica. Se implementó un método para la determinación de los factores geométricos y nucleares que influyen en la medición de esta magnitud. Se desarrolló un programa empleando el método de Monte Carlo para la simulación numérica del experimento. Se calcularon las secciones de remosión macroscópicas del Fe, C y H.

ABSTRACT

Macroscopic remosion cross section is a physical quantity that characterizes materials properties for shielding of neutronic radiation. A method for determining geometrical and nuclear factors, that influences the measurement of their values has been established. Software employing the Monte Carlo method for numerical simulation of the experiment was developed. Macroscopic remosion sections of Fe, C and H were calculated.

INTRODUCCION

Para la medición de secciones de remosión son empleados diversos métodos [1-4]. Los datos reportados [5], así como los cálculos realizados, demuestran una fuerte dependencia de la geometría de medición. El presente trabajo propone un método para el cálculo teórico de secciones de remosión el cual permite comparar sus valores con las mediciones y realizar valoraciones de las propiedades atenuadoras de los materiales.

La sección macroscópica de remosión se define como:

$$\sum_R(E) = \sum_T(E) - 2\pi \int_{-1}^1 \sum_s(E, \mu) \mu d\mu \quad (1)$$

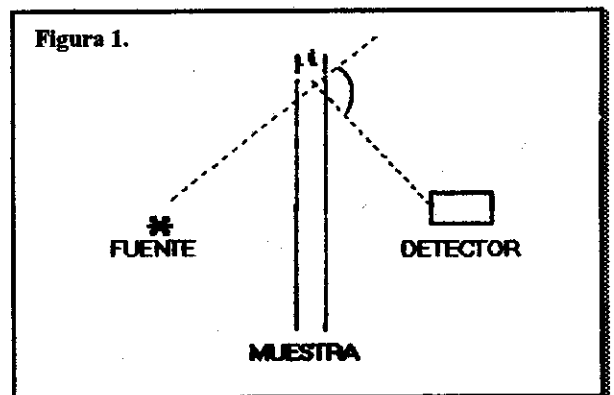
donde:

$\sum_T(E)$: Sección total macroscópica de dispersión.

$\sum_s(E, \mu)$: Sección diferencial elástica macroscópica.

μ : Coseno del ángulo de dispersión.

La sección de remosión como indica la definición es menor que la sección total en un factor, el cual describe la distribución espacial de los neutrones dispersados por material, por esto es utilizada en la caracterización de materiales para el blindaje neutrónico. La Figura 1 representa la forma en que se mide la sección de remosión de acuerdo a su definición. Se coloca una muestra de determinada altura y se mide la cantidad de conteos en el detector para diferentes el grosos d. De la ley exponencial de atenuación de los neutrones $N = N_0 \exp(-\Sigma d)$ (2), se obtiene la sección de remosión Σ . Para



satisfacer la integral de -1 a 1 de la sección diferencial es necesario una altura de la muestra

y una distancia fuente-muestra-detector tal que el ángulo máximo de dispersión sea mayor o al menos igual a 45 grados.

FORMALISMO TEORICO DE LA SIMULACION

El programa realizado para el cálculo de la de remoción se basó en la simulación numérica por el método de Monte Carlo del paso de los neutrones a través del material [6]. El experimento numérico consistió en simular la interacción de un flujo de neutrones provenientes de una fuente puntual en un disco de material y determinar la cantidad de ellos que luego de interactuar, insiden en el detector y los que atraviesan la muestra sin interactuar y se registran en el detector. La geometría que se utilizó fue igual a la de la figura anterior.

La *historia* de cada neutrón comienza con el punto de entrada a la muestra. Luego se calcula el recorrido del neutrón y el punto de interacción en la muestra. De acuerdo con la energía se juega el proceso de dispersión, y por cinemática se calcula la energía del neutrón dispersado al ángulo θ . Este último es el ángulo formado por la recta de la dirección inicial del neutrón antes de dispersarse y la recta que intersecta el punto de interacción y un punto jugado aleatoriamente en el detector (dirección de dispersión).

Entonces en este punto se determina el score S , que aportará el neutrón en el detector y viene dado por:

$$S = \frac{\Omega \exp\left[-\sum_i (E^i) * r\right] * p(\theta) * A_{dt}}{4\pi L^2} \quad (3)$$

donde:

Ω , es el ángulo sólido de la muestra;

$\exp\left[-\sum_i (E^i)\right]$, es la probabilidad que el neutrón salga de la muestra;

E^i , es la energía del neutrón dispersado;

$\sum_i (E^i)$, es la sección total de dispersión;

r , es la distancia por recorrer en la muestra;

$p(\theta)$, es la probabilidad de dispersión en θ ;

θ , es el ángulo de dispersión

A_{dt} , área del detector;

$\xi_j=2$ si el canal de reacción es $n,2n$, e igual a 1 para todos los demás;

L , distancia desde el punto de interacción al detector.

Para la simulación fueron utilizados datos evaluados de la biblioteca de datos nucleares formato ENDF del 82. Los datos utilizados fueron los siguientes:

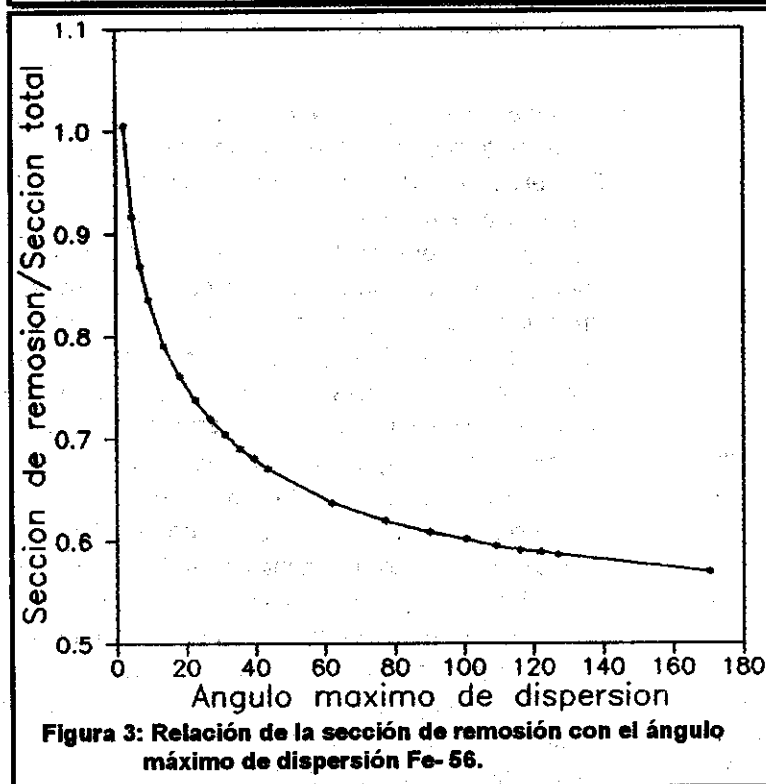
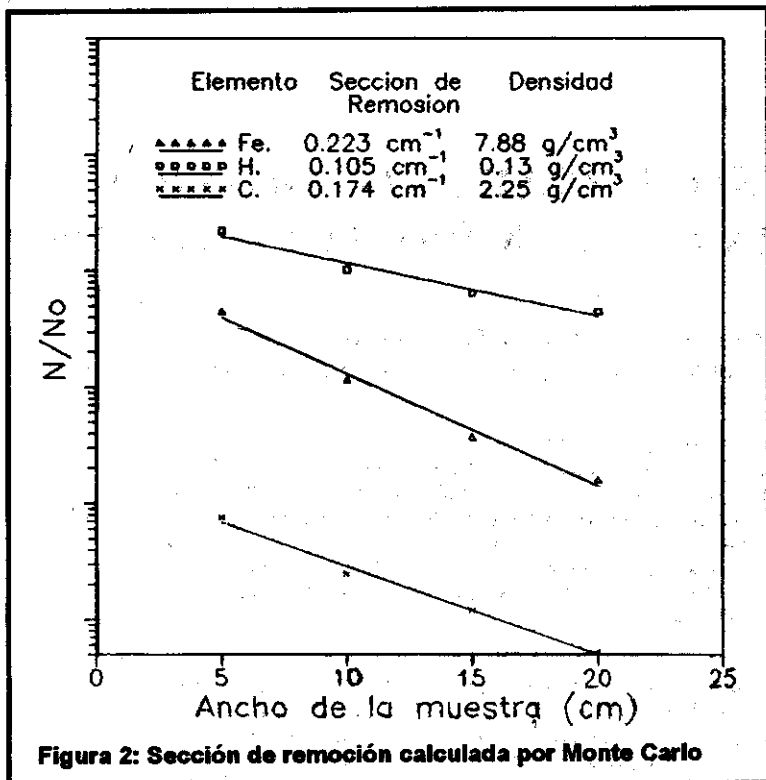
- ◆ sección total de interacción
- ◆ sección de dispersión elástica
- ◆ sección de dispersión inelástica a los diferentes niveles discretos
- ◆ sección de dispersión inelástica al continuo
- ◆ sección de dispersión $n,2n$
- ◆ distribuciones angulares de cada uno de los procesos de dispersión
- ◆ distribuciones energéticas de las dispersiones $n,2n$ y continuo
- ◆ estructura de los niveles discretos de dispersión
- ◆ energía de los estados discretos
- ◆ número atómico, densidad del elemento y defecto de masa

RESULTADOS

Para cada elemento se determinó la relación entre el número de conteos en el detector con muestra N_x y el número de conteos sin muestra N_o , N_x/N_o a diferentes grosores x de la muestra (5, 10, 15, 20 cm). Transformando la expresión (2) se obtiene:

$$x = \frac{1}{\sum} \ln\left(\frac{N_x}{N_o}\right) \quad (4)$$

Del ajuste de los datos calculados utilizando una regresión lineal se obtiene la sección de remoción por la pendiente de la expresión (4). La Figura 2 muestra las secciones de remoción calculadas para los elementos Fe, H y C, para los cálculos en el H se adoptó la densidad de este en la parafina. En la Figura 3 se aprecia la variación de la sección de remoción al variar el ángulo máximo de dispersión. Este comportamiento está dado porque al aumentar el ángulo de dispersión máximo (esto es sección equivalente a fijar una distancia fuente-muestra-detector y aumentar la altura de la muestra) aumenta la cantidad de



conteos en el detector de forma asintótica, debido a que la distribución angular de los neutrones dispersados, tiene una marcada anisotropía hacia delante.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un programa para la simulación de la interacción de neutrones con la sustancia para el cálculo de la sección de remoción. Se calcularon las secciones de remoción para los elementos Fe, H, C. Fue determinado el comportamiento de la sección de remoción con la geometría del experimento y la influencia de la distribución angular de los neutrones dispersado como la magnitud nuclear que caracteriza, como se expresa en la definición, la sección de remoción.

El programa se puede emplear para realizar un análisis comparativo de las mediciones de secciones de remoción realizadas en diferentes condiciones geométricas, siendo una guía de utilidad en la elección de los parámetros de los experimentos.

REFERENCIAS

- VARADI, M. and Cs.M. BUCZKO (1988): Determination of macroscopic removal cross sections of 14 MeV neutrons for phantom solutions. Radiation Protection Dosimetry. 22.
- COOPER, P.N. and S.M. KABIR (1972): The removal cross section of iron at 14.1 MeV. Journal of Nuclear Energy. 26.
- BOUFRAQUECH, A. et al. (1984): Removal cross sections for 14.8 MeV neutrons. Acta Physica Hungarica. 55(1-4).
- NARGOLWALLA, S.S.; E.P. PRZYBYLOWICZ (1973): "Activation analysis with neutron generators", John Wiley & Sons, Inc.
- VASVARY, L. et al. (1985): Investigation on fast neutron interactions with constructional materials. Acta Physica Hungarica. 58.
- COCA, M.A. y G. MARTIN (1991): "Simulación por Monte Carlo en la medición de datos nucleares neutrónicos", Tesis. La Habana.
- KNOLL, G.F. (1979): "Radiation Detection and Measurement", John Wiley & Sons, Inc.