

## MEDICION Y CALCULO DE ESPECTROS DE NEUTRONES EN AGUA LIVIANA

M. J. Abbate('), J. E. Volkis("), J. V. Lolich y L. A. Remez

División Neutrones y Reactores, Centro Atómico Bariloche - CNEA

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 3	AÑO 1973

## 1. Introducción

Los sistemas del tipo considerado en este trabajo han sido objeto de anteriores estudios, dada la importancia del agua liviana como elemento moderador.

Trabajos de otros autores (1-4) contienen comparaciones, entre valores medidos y calculados, de espectros de neutrones en función de la concentración de veneno. Los resultados obtenidos en los casos de concentración no nula fueron satisfactorios; pero, en el de agua pura, presentaron serias discrepancias.

Motivado por esto, se han medido y calculado espectros de neutrones en agua a temperatura ambiente y en condiciones cuasi infinitas, habiéndose repetido casos con envenenamiento "1/v", suficientemente conocidos, como verificación de los métodos experimentales y de cálculo.

## 2. Procedimiento experimental

Las experiencias se llevaron a cabo con la facilidad para mediciones de espectros de neutrones por el método de tiempo de vuelo del Centro Atómico Bariloche, la que utiliza un blanco pesado pulsado con acelerador lineal como fuente de neutrones, y con las técnicas descriptas en (7).

a. Geometría: la utilizada para la medición en condiciones cuasi infinitas consiste en un tanque cúbico de 30cm de lado, con un contorno negro para neutrones térmicos constituido por una delgada plancha de cadmio y conveniente blindaje.

b. Condiciones particulares de la experiencia:

- Intensidad de fuente: fue controlada mediante dos sistemas de monitores del tipo cámara de fisión, los que conservaron una relación dentro del 1% a lo largo de todas las experiencias.
- Sustracción de fondo: para efectuarla, se realizaron mediciones con un filtro de boro 10 ubicado en el fondo del tubo reentrante.
- Longitud de vuelo: 17m.
- El almacenaje de los datos se efectuó con un sistema de adquisición "online" (11), en 1024 canales de 16 microseg de duración.
- Tiempo medio de emisión de los neutrones: se definió como tal al tiempo medio en el cual el neutrón alcanza la energía E (primer momento temporal, calculado con el programa CAGE (9)), para energías menores de 0,6 eV; para el resto del rango se asume que es igual al de moderación. Esta corrección no supera el 5%.

## 3. Técnica de cálculo

(') Ejército Argentino.

(") Becario Armada Argentina.

La elección del método de cálculo se basa en los excelentes resultados obtenidos con el implementado para la obtención de parámetros de difusión (8), que comprende la generación del núcleo de dispersión del agua a partir de la ley de scattering calculada en base al espectro de frecuencias de Haywood y el cálculo de las constantes de grupo necesarias.

Utilizándose condiciones cuasi infinitas, se consideró sólo scattering  $P_0$  con el programa CAGE, que emplea el método multigrupo para el tratamiento de la energía.

Para asegurar la validez de la intercomparación de resultados se analizaron cuidadosamente las condiciones que impone la teoría a utilizar a la experiencia, a fin de verificar su cumplimiento.

Además considerándose para tener en cuenta la fuga, al término  $DB^2$  como una corrección a la sección eficaz de absorción y no resultando despreciable frente a esta, debió obtenerse el valor local de  $B^2$  mediante una medición auxiliar (10), resultando ser:  $B^2 = -0,0470\text{cm}^{-2}$ .

#### 4. Espectros de neutrones en agua envenenada con absorbente "1/v"

Se midieron espectros en agua envenenada con ácido bórico en concentraciones equivalentes a 1,025 y 1,848 barn/at.H (a 0,0253 eV), a temperatura ambiente.

Ambos espectros fueron calculados por el método citado en 3.. El núcleo de dispersión del hidrógeno en agua se calculó con los programas GASKET y FLANGE 1 (8) y las constantes de grupo con el NYRGRUP, con 30 grupos de energía en el rango de 0,0025 a 1,66 eV. Para el cálculo de la fuente

se utilizó la expresión:  $\text{erf} \sqrt{E/\bar{E}}$ , con  $\bar{E} = 0,117$  eV, valor que se obtiene del modelo empleado.

Los resultados se muestran en figuras 1 y 2, junto con las diferencias relativas porcentuales, punto a punto. El acuerdo entre medición y cálculo resulta ser razonablemente bueno ( $\pm 10\%$ ).

#### 5. Espectros de neutrones en agua liviana pura

La medición y el cálculo se efectuaron como en el caso anterior. En particular la temperatura fue de 15,4°C.

Los resultados se dan en figura 3, donde puede observarse que el desajuste entre ambos alcanza valores tan altos como el 28%; no obstante, es menor que el 20% en la zona de energías menores de 0,25 eV que es la más crítica en estos casos. El máximo desajuste se encuentra en un rango donde puede sospecharse influencia de la estadística.

#### 6. Conclusiones

Los métodos experimentales, y de cálculo con el programa CAGE, usando un núcleo de dispersión basado en el modelo Haywood II para la molécula de agua, fueron verificados mediante la medición de espectros en agua envenenada.

Se midió y calculó luego, un espectro en agua pura en condiciones de medio cuasi infinito, encontrándose aún, serias discrepancias no atribuibles al método experimental.

Los resultados se compararon con los logrados por J. R. Beyster (5) y, especialmente, con los de J. C. Young (1) que utilizó el mismo modelo pero con el programa GATHER, como así también, con los obtenidos por él usando el método de D. Parks (6); resultando que el ajuste logrado en el presente trabajo es, como mínimo, un 25% mejor, presumiblemente debido a

la rediscusión de las condiciones experimentales que implicó, entre otros, el uso de una geometría mayor y diferentes elementos de cálculo.

No estando resuelto por completo el problema se estima que deberán revisarse las correcciones y aproximaciones utilizadas, fundamentalmente en lo que respecta a la consideración de los términos de fuga y fuente.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) J. C. Young et al., Nucl. Sci. Eng., 28, 259 (1967).
- (2) J. R. Beyster et al., Nucl. Sci. Eng., 9, 168 (1961).
- (3) J. C. Young et al., Nucl. Sci. Eng., 18, 376 (1964).
- (4) J. C. Young et al., Nucl. Sci. Eng., 23, 34 (1965).
- (5) J. R. Beyster et al., "Integ. neutron thermal.", GA-2544, (1961).
- (6) D. E. Parks et al., Nucl. Sci. Eng., 13, 306 (1962).
- (7) M. J. Abbate et al., "Facilidad para la medición de espectros de neutrones por el método de tiempo de vuelo", Comunic. 58° reunión de la AFA, Buenos Aires, (1972).
- (8) J. E. Volkis et al., "Método de cálculo para la obtención de parámetros de difusión", Comunic., 57° reunión de la AFA, Córdoba, (1972).
- (9) P. d'Oultremont et al., "CAGE-BIRD-SPEC", Gulf-RT-10195, (1970).
- (10) L. Gattó et al., Comunic., 55° reunión de la AFA, San Luis (1971).
- (11) L. A. Remez, Comunic. B. I. 7., 57° reunión de la AFA, Córdoba (1972).



