

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA POSIBLE REACCIÓN DE FUSIÓN DEUTERIO – DEUTERIO ORIGINADA POR LA GENERACIÓN Y COLAPSO DE UNA BURBUJA EN CDCl_3 .

Barbaglia M.⁽¹⁾, Florido P.⁽²⁾, Mayer R.⁽²⁾, Bonetto F.^(1,2)

⁽¹⁾CONICET

⁽²⁾Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche

E-mail: barbagli@cab.cnea.gov.ar

OBJETIVO:

Recientemente Taleryarkhan et al. [1] dicen que en el colapso de una burbuja se detectan procesos de fusión del tipo deuterio – deuterio. Ellos dicen que en dicho colapso se genera la temperatura suficiente para producir la fusión. Mostraron mediciones del contenido de tritio en el líquido y mediciones de la emisión de neutrones con energías de 2.45 MeV. La generación de las burbujas la produjeron usando ultrasonido y un flujo de neutrones en acetona deuterada. El experimento anterior está en discusión [2][3][4] y hasta el momento no se han informado resultados coincidentes con los de Taleryarkhan et al.

El objetivo de este trabajo fue medir la posible producción de neutrones con una energía de 2,45 MeV (que corresponde a la fusión deuterio – deuterio) en un sistema SCBL (Single Cavitation Bubble Luminescence). En este tipo de sistema dos son los momentos en donde se espera la posible fusión. El menos probable es cuando se produce la burbuja y el más probable es cuando la burbuja colapsa. La determinación de cuándo es más o menos probable se sigue de las mediciones de los espectros de emisión en ambos momentos [5]. La producción de la burbuja se hizo usando un pulso de un láser de potencia. Se usó como líquido cloroformo deuterado CDCl_3 en un rango amplio de temperaturas, en particular cerca de la solidificación que es cuando mejora su capacidad de condensar los vapores del líquido sobre la interfase. Dadas las características del experimento y del sistema de medición de neutrones el rechazo de ruido es muy alto.

PROCEDIMIENTO

En la Fig. 1 se puede observar la disposición experimental usada. Se enfocó la energía proveniente de un láser de potencia de Nd:YAG (longitud de onda = 532 nm, energía máxima = 80 mJ, duración del pulso = 11 ns) para generar la burbuja. El láser es controlado por un generador de señales que emite un pulso cada 4,6 seg. aprox. Este tiempo es suficiente para adquirir los dos canales de un osciloscopio HP56616B. Uno de los canales del osciloscopio adquiere la señal proveniente del fotomultiplicador que indica la creación de una burbuja o el pulso de luminiscencia debido al colapso de la misma. El otro canal del osciloscopio toma la señal proveniente del sistema detector de neutrones.

Como líquido se usó CDCl_3 dado que tiene un mejor índice de condensación de su vapor sobre la interfase (accommodation coefficient) que el agua.

El programa de medición realizado para el experimento toma la temperatura a la cual se encuentra el líquido y adquiere ambos canales del osciloscopio para su posterior procesamiento. En la Fig. 2 se indica la disposición de la cavidad

usada. La cavidad de PYREX tiene un diámetro exterior de 6 cm y cada una de las 3 salidas tiene 5 mm de diámetro exterior. Se usó una termocupla marca OMEGA tipo K como sensor de temperatura y un hidrófono poco intrusivo y con gran ancho de banda para verificar la producción de burbujas. Se usaron tubos de TEFLON termocontraible para evitar su deterioro al usar CDCl_3 . Se colocó un intercambiador de calor en el tubo que vincula la interfase libre del líquido con el medio ambiente para minimizar las pérdidas de líquido debido a la evaporación. Se colocó la cavidad sobre un bloque de cobre el cual puede calentarse y enfriarse de tal modo de controlar la temperatura en el líquido. Para enfriarlo se le hizo pasar por el canal interior del bloque un flujo de Nitrógeno. Para calentarlo se usó un alambre calefactor envuelto sobre el bloque (efecto Joule). Para mantener la temperatura del líquido se usó un controlador PID para controlar el sistema anterior.

En el experimento se observan dos momentos claves temporalmente en donde esperar un proceso de fusión. Al principio cuando se genera la burbuja (dado que el pulso láser produce un plasma con una temperatura de unos 16000°K) y cuando colapsa por primera vez la burbuja que, en teoría, se produce un plasma con una alta temperatura en su interior. Se espera que la temperatura que alcanza la burbuja en su inicio sea insuficiente para la fusión.

Debido a las características del experimento se determinó el “Die away time” (τ) del sistema de medición de neutrones que se define como el tiempo en el que arriba el 70% de los neutrones emitidos por la fuente a los bancos de detectores. El valor que se midió para el τ fue de $64 \mu\text{s}$. Esto significa que si una fuente de neutrones pulsada emitiera desde el centro del resonador en $t = 0$, del 100% de neutrones detectados el 70% llegaría al banco de detectores en un tiempo $0 < t < \tau$.

De nuestras mediciones sabemos que el plasma inicial y sus efectos tiene una duración típica de $20 \mu\text{s}$ y que el pulso de luminiscencia es esperable dentro de los $150 \mu\text{s}$ luego de haberse generado la burbuja (depende del líquido y la energía usada para producir la burbuja).

En la Fig. 3 se observa el dispositivo desarrollado para detectar neutrones sus componentes son:

1. haz láser incidente que genera la burbuja
2. cavidad que contiene el líquido en donde se generará la burbuja
3. conjunto de 6 detectores ^3He
4. cilindro de polietileno
5. parafina
6. placa de cadmio

El diseño del sistema de detección se centró en la suposición de que los neutrones que se medirán provienen del lugar en donde se encuentra la cavidad con el líquido y que los neutrones tienen una energía de $2,45 \text{ MeV}$ correspondiente a la reacción de fusión deuterio - deuterio. Los neutrones que provienen de un lugar distinto de la cavidad se los consideró fondo. El principal objetivo de diseño del detector fue el de maximizar la eficiencia de detección acercando lo más posible los detectores de ^3He a la cavidad en donde se produce la burbuja.

[La parte principal del sistema son los 12 detectores ^3He dispuestos en dos bancos en forma simétrica sobre un círculo cuyo centro es la cavidad en donde se genera la burbuja. Cada banco consistió de un premoderador de parafina, el arco de 6 detectores ^3He (Fig. 3), y de un moderador/reflector posterior de parafina de 9 cm de espesor.

Para caracterizar el sistema se usó una fuente continua de neutrones (fuente

de California). La fuente se colocó en un tubo de ensayo y dicho tubo se sumergió en agua dentro de una cavidad similar a la del experimento. Este conjunto se localizó sobre la esfera en donde se genera la burbuja, es decir, que existió una diferencia espacial de aproximadamente 6 cm en altura entre el lugar en donde se esperaba la generación de neutrones y el lugar en donde se colocó la fuente de caracterización del sistema. Dada la esperable isotropía de los neutrones generados y la longitud de los detectores esta diferencia espacial se la consideró despreciable. El conocimiento de la intensidad de la fuente de neutrones nos permitió estimar la eficiencia del sistema, basados en que el espectro de fisión posee una energía media muy cercana a la energía de los neutrones de fusión D-D, y que el sistema es altamente moderado.

Los parámetros relevantes del sistema son:

Fondo = 1 neutrón cada 2 segundos

Eficiencia = 2,5 %

“Dye away time” = 65 μ s (Nota 1)

Los 12 detectores marca TEXAS NUCLEAR de ^3He a 10 atmósferas (contadores proporcionales) tienen 6 pulgadas de longitud activa nominal y 1 pulgada de diámetro activo nominal. Los mismos se distribuyeron en dos bancos. Cada banco de 6 detectores tiene una salida única a través de sumadores que se diseñaron y construyeron en el Laboratorio de Neutrones y Reactores del Centro Atómico Bariloche. La salida de cada sumador se conectó a un preamplificador tipo TC 133 FET PREAMPLIFIER. Los 1300 V necesarios para la polarización de los detectores la generó una fuente marca TENELEC tipo TC 952. La alimentación de ambos preamplificadores la proveyó un módulo marca TENELEC tipo TC930 y sus salidas se conectaron a sendos amplificadores. Uno marca ORTEC modelo 450 y otro marca CANBERRA tipo 2021 SPECTROSCOPY AMPLIFIER. Las salidas bipolares de los amplificadores se conectaron al módulo sumador inversor marca CANBERRA tipo 1465 A y la salida de éste se conectó al módulo SCA marca MT-NUCLEAR modelo 600 del cual a su salida positiva se la conectó a un módulo contador de pulsos marca CANBERRA tipo DUAL COUNTER TIMER 2071A y la salida posterior del SCA se la conectó a un equipo analizador de coincidencias marca CANBERRA tipo JSR-12 NEUTRON COINCIDENCE ANALYZER. La salida posterior del SCA es la que se usó para detectar las coincidencias con la creación o colapso de la burbuja.

RESULTADOS

Disparamos el láser 549 veces con un período de 4,4 seg. en la cual el cloroformo deuterado recorrió el rango de 17°C a -50°C y no se observaron neutrones. Tampoco se observaron pulsos de luminiscencia.

Debido a que los compuestos orgánicos tienen una mala luminiscencia comparada con el agua se trató de ver pulsos luminiscentes bien definidos, para lo cual se desgasó el cloroformo deuterado combinando la aplicación de ultrasonido a la cavidad y el hacer vacío por el extremo que tiene colocado el intercambiador de calor. Bajamos la temperatura hasta -6 grados centígrados y no se observaron luminiscencias y por lo tanto no se midieron neutrones.

CONCLUSIONES

Las mediciones realizadas indican que usando cloroformo deuterado no se pueden detectar procesos de fusión deuterio-deuterio en una cantidad apreciable por un sistema para medir neutrones con un "Die away time" de 64 μs y una eficiencia del 2,5%. También se observa que el cloroformo deuterado no es un buen líquido para generar luminiscencia dentro de las condiciones experimentales ya descritas.

Nota1: El Die away time del sistema de detección fue medido averiguando las coincidencias detectadas con ventanas de análisis variadas progresivamente aplicando la técnica de "shift register". Se hizo un barrido de la ventana de coincidencias de 10 μs a 150 μs y se obtuvo por ajuste el *die away time* de todo el sistema (detectores más el sistema de luminiscencia).

BIBLIOGRAFIA

- 1 R. P. Taleyarkhan, C. D. West, J. S. Cho, R. T. Lahey Jr., R. I. Nigmatuli, Evidence for Nuclear Emissions During Acoustic Cavitation, *Science*, 295, 1868, 8 March, 2002
- 2 Seife, C., "'Bubble Fusion' Paper Generates A Tempest in a Beaker", *Science*, 295, p1809, 8 March, 2002
- 3 D. Shapira, M. J. Saltmarsh, "Comments on Reported Nuclear Emissions During Acoustic Cavitation", Physics Division, Oak Ridge National Laboratory,, 1 March, 2002
- 4 R. P. Taleyarkhan, R.C. Block, C.D. West and R. T. Lahey, Jr., "COMMENTS ON THE SHAPIRA AND SALTMARSH REPORT", Oak Ridge National Laboratory,, 2 March, 2002
- 5 Ohan Baghdassarian, Han-Ching Chu, Bernd Tabbert, and Gary A. Williams, Spectrum of Luminescence from Laser-Created Bubbles in Water, *PRL*, 86,, 21 May, 2001

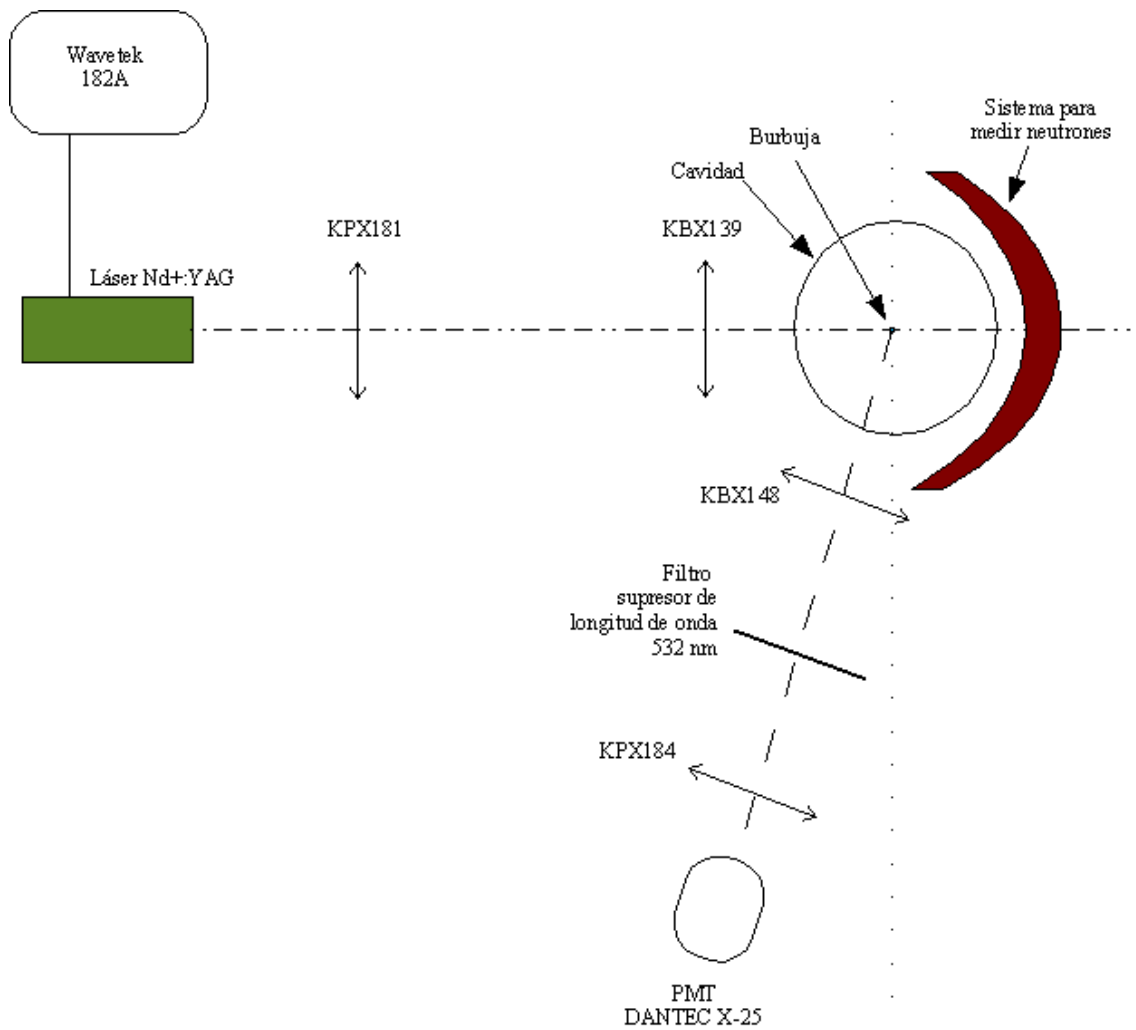


Fig. 1: Dispositivo experimental

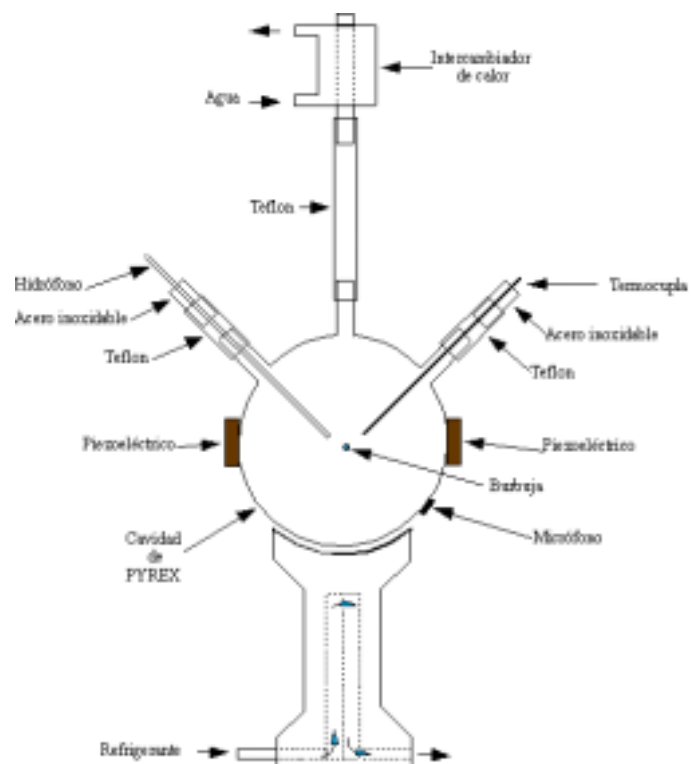


Fig. 2: Cavidad

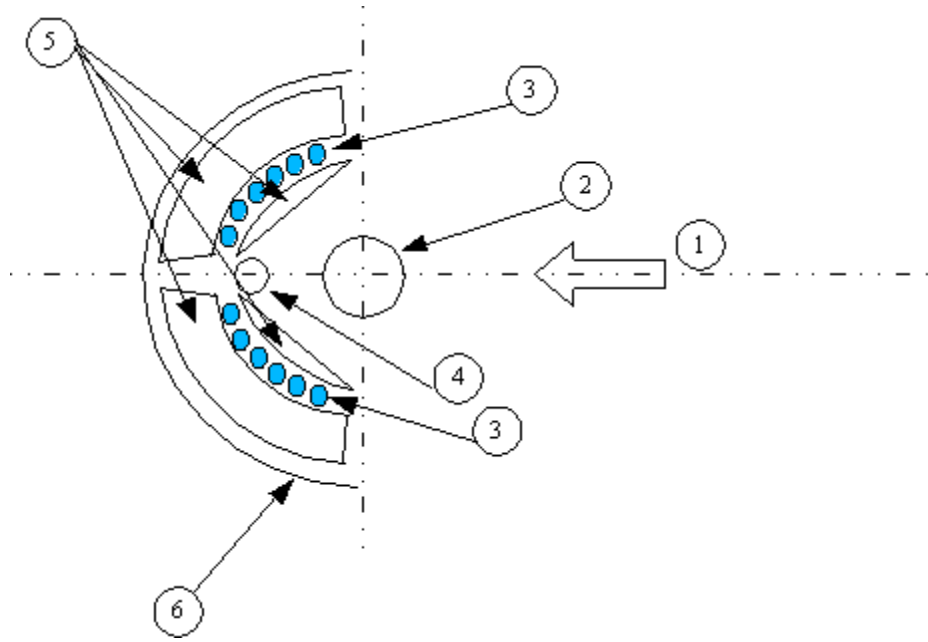


Fig. 3: Sistema para medir neutrones