

ELEMENTOS TRANSPUTÓNICOS: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA FORMACIÓN DE CURIO-242 POR IRRADIACIÓN DE AMERICIO-241 CON NEUTRONES EN EL REACTOR RA-3

R. O. Korob*, G. A. Dupetit*, M. S. Sinkec**, M. Mariscotti**

*Departamento Ingeniería de Plantas Químicas, Centro Atómico Ezeiza, Comisión Nacional de Energía Atómica, Agencia Minipost (1842) Provincia de Buenos Aires, Argentina. FAX 8-1-011-54-1-4800721

**Laboratorio de Física Nuclear, Departamento de Física, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón I, (1428) Buenos Aires, Argentina.

La investigación en el campo de los elementos transuránicos abarca numerosas líneas, entre las cuales se destaca la síntesis de nuevos elementos. Este trabajo se originó en una iniciativa del Laboratorio de Física Nuclear de la FCEyN de la UBA para avanzar en un programa de factibilidad de producción de núcleos superpesados. Constituyendo parte de un proyecto que tiene entre sus capítulos básicos la producción de algunos microgramos de Cm. Se consideró que la obtención de primer Curio de la serie que lleva a los más pesados y que posee un semiperíodo suficientemente largo como para facilitar las experiencias, sería útil como material de referencia nuclear, para la calibración de equipos de metrología, la preparación de fuentes en capas superfina por electrodeposición del transuránico en medios acuosos/orgánicos y otros estudios radioquímicos vinculados a métodos separativos necesarios para preparar nuevos "target" destinados a irradiación con neutrones o partículas cargadas. La relación del Curio producido en las experiencias realizadas es de 11.7 para irradiaciones cortas (1h) a máxima potencia. Ésto indicaría la factibilidad de obtener suficiente material para la construcción de un blanco adecuado para la síntesis de elementos más pesados.

This work was proposed by the Nuclear Physics Laboratory that belongs to the FCEyN of the University of Buenos Aires, so as to introduce a transplutonium element feasibility synthesis program. The first step of this program consisted in obtaining several micrograms of these elements. We considered the production of Curium-242 by neutron irradiation of Americium-241 to be appropriate as the beginning of the project as well as to study the behaviour of the reactor as a transplutonium generator. In addition, it might be used for other purposes, for instance: calibration of metrology equipment, preparation of micro-thin electrodeposited sources of heavy elements and development of separative radiochemical techniques. The irradiation of 0,29 µg of Am-241 yielded $2,0 \times 10^{-5}$ µg of Cm-242 in short irradiations (1h) at maximum power, under a thermal flux of $3,12 \text{ E}+13 \text{ n s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$. Therefore we can regard as possible to produce enough material to have a target suitable for reaching the heavier elements on the basis of longer irradiations for larger amounts of Americium. The Curium produced in these experiences well be irradiated with charged particles in our tandem accelerator (TANDAR), to investigate the nuclear reactions produced with heavy ions.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación en el campo de los elementos transuránicos abarca numerosas líneas, entre las cuales se destaca la síntesis de nuevos elementos¹. El presente trabajo se originó en una iniciativa del Laboratorio de Física Nuclear de la FCEyN para avanzar en un programa de factibilidad de producción de núcleos superpesados. Constituyendo parte de un proyecto que tiene entre sus capítulos básicos la producción de algunos microgramos de elementos transplutónicos. Si bien esta orientación requiere instalaciones y equipamientos especiales, las etapas intermedias de síntesis de los precursores son más accesibles y permiten armar paso a paso las estructuras requeridas.

La formación de Curio-242 por irradiación neutrónica de Americio-241 fue considerada apro-

piada para iniciar las tareas y determinar el comportamiento del reactor como generador de transplutónicos, contando el mismo con un flujo epitérmico más alto, resultante del cambio del núcleo (20% U-235).

También se consideró que la obtención del primer curio de la serie que lleva a los más pesados y que posee un semiperíodo suficientemente largo como para facilitar las experiencias, sería útil como material de referencia nuclear, para la calibración de equipos de metrología, la preparación de fuentes en capas superfina por electrodeposición del transuránico en medios acuosos/orgánicos y métodos radioquímicos de separación.

La masa de curio producida en las experiencias realizadas fue $2.0 \text{ E}-05$ µg para irradiaciones cortas (1h) a máxima potencia. Ésto indicaría la factibilidad de obtener suficiente material para la construcción de blancos adecuados para la síntesis

de elementos más pesados, partiendo de la base de irradiaciones más prolongadas y blancos de mayor masa. Esta posibilidad fue explorada mediante la utilización del código de cálculo "Origen I", cuyos datos fueron: masa de Americio-241: 5 µg; tiempo de irradiación: 30 días; tiempo de enfriamiento: 2 días; flujo térmico: $3.12 \text{ E} + 13 \text{ n/seg cm}^2$; masa de Curio-242 resultante: 0.21 µg. Los datos nucleares utilizados figuran en la Tabla 2.

El Curio obtenido en estas experiencias podría ser utilizado para irradiaciones con partículas cargadas en el acelerador TANDAR.

II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para la obtención de Americio-241 se precipitó plutonio como peróxido y el Americio-241 recuperado fue purificado con resina aniónica, obteniéndose 750 mg de Americio-241². De esta solución se separaron las alícuotas utilizadas para la irradiación.

El Americio-241 fue controlado en su pureza por espectrometría gamma y alfa, no detectándose otros nucleídos. La calibración dió como resultado una concentración de actividad de 0.0242 µCi /µg.

La solución se pesó en una ampolla de cuarzo y se evaporó lentamente bajo lámpara térmica a sequedad. Teniendo en cuenta la concentración de actividad y la masa de solución pesada, se determinó la actividad de Americio en la ampolla, resultando ser 1.014 µCi, que corresponde a una masa de 0.29 µg. La ampolla fue soldada y colocada en un "can" de aluminio cerrado bajo una presión de 18 Tns. Procediendo luego a irradiarlo en el núcleo del RA-3 durante 1 hora.

III. PREPARACIÓN DE LA FUENTE Am-Cm

Para la preparación de una fuente Am-Cm, el Americio irradiado se disolvió en HNO₃ diluido y se transfirió a un disco de acero inoxidable, evaporándola bajo lámpara térmica. El rendimiento experimental en la preparación de la fuente evaluado por espectrometría gamma, fue del 76 %. Este valor se obtuvo comparando en cada caso el pico de 60 KeV del Am-241 en un espectrómetro con un detector de Ge (Li).

IV. RESULTADOS Y CÁLCULOS

Con un detector Geiger-Muller se midió la

fuerza preparada con el material irradiado con un filtro de aluminio de 5.9 mg /cm² obteniéndose la actividad beta de la muestra. Una nueva medición de la misma fuente realizada sin el filtro, permitió obtener la actividad total alfa + beta. Por diferencia se calculó la actividad alfa del Am + Cm.

Se determinaron por espectrometría alfa con un detector de barrera de superficie las áreas de los picos correspondientes a Am-241 y Cm-242. El espectro alfa presenta dos picos de energías 5.486 MeV y 6.113 MeV que corresponden a las contribuciones más importantes del Am-241 y del Cm-242.

Efectuando el cociente de las áreas de los picos se obtuvo el dato experimental B (ec. 2).

Este valor junto con el dato de la actividad alfa total obtenida en el Geiger-Muller (dato experimental A) (ec. 1) dió como resultado una actividad de 0.067 µCi en el máximo de la curva de crecimiento de Curio-242.

$$\text{Act. Am-241} + \text{Act. Cm-242} = \text{Dato experimental A (ec. 1)}$$

$$\text{Act. Am-241} / \text{Act. Cm-242} = \text{Dato experimental B (ec. 2)}$$

de las ecuaciones (1) y (2) resulta la actividad de Curio-242.

En la Tabla 1 se muestran los datos de irradiación y en la Tabla 2 se resumen las características de los nucleídos que forman parte de la cadena de producción de Curio-242.

La composición isotópica del curio obtenido en el reactor indicó la presencia mayoritaria de Cm-242, no detectándose otros isótopos más pesados de ese elemento en las espectrometrías realizadas.

DATOS DE IRRADIACIÓN	
Reacción nuclear:	neutrón-gamma
Tiempo de irradiación:	1 hora
Posición de irradiación en el núcleo del reactor:	
Caja D6	Posición 5Y
Potencia:	máxima
Flujo neutrónico rápido:	$1.43 \cdot 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ seg}^{-1}$
Flujo neutrónico térmico:	$3.12 \cdot 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ seg}^{-1}$
Flujo rápido/Flujo térmico:	0.459
Relación del Cadmio/Au:	2.080
Flujo epitérmico/ Flujo térmico:	0.053

Tabla 1: Ref. 3.

Nucleído	Sec. eficaz abs(barn)	Sec. eficaz fisión (barn)	Decaimiento	Tipo de reacción	Integral de resonancia (barn)abs	Vida media
Am 241	836.15	3.15 ± 0.1	α 5.48 MeV 84% 5.44 MeV 13%	abs	1559.5 ± 118	432.6 a
Am 242m	8000 ± 800	6600 ± 300	α 0.48% TI 99.52%	abs	3360 ± 540	141 a
Am 242		2900 ± 100	β- 82.7% CE 17.3%	fis	300	16h
Cm 242	21 ± 5	5	α 6.113 MeV 74% 6.07 MeV 26%	abs	189 ± 35	162.8 d

Tabla 2: Ref. 4.

V. CONCLUSIONES

La actividad obtenida del Curio-242 producido en el reactor RA-3 de 0.067 μCi permite realizar varias de las experiencias propuestas: utilización como material de referencia nuclear, para la calibración de equipos de metrología, la preparación de fuentes en capas superfina por electrodeposición del transuránico en medios acuosos/orgánicos y métodos radioquímicos de separación.

La masa de Curio producida en las experiencias realizadas fue 2.0 E-05 μg para irradiaciones cortas (1h) a máxima potencia, lo que demuestra la factibilidad de obtener en irradiaciones más prolongadas y partiendo de blancos de mayor masa de Americio suficiente material para el montaje de

microblancos destinados a irradiaciones con haces de partículas cargadas (acelerador TANDAR).

REFERENCIAS

1. *The Chemistry of the transuranium elements*. C. Keller; Verlag Chemie GmbH (1971).
2. *Separación y purificación de Americio a partir de soluciones de nitrato de plutonio*; O. Cristallini y H. Osuna. Informe interno Depto. Combustibles nucleares de la Comisión Nacional de Energía Atómica (1976).
3. *Tabla de datos del reactor RA-3* (1993).
4. *Thermal neutron cross section and infinite dilution integrals*. E. Gryntakis et al. Nuclear Data Section, (IAEA, 1982).