



EL SISTEMA SULFATO FERROSO AMONIAICAL SÓLIDO COMO DOSÍMETRO PARA PROCESOS A BAJAS TEMPERATURAS Y ALTAS DOSIS DE RADIACION GAMMA

José Manuel Juárez Calderón, Sergio Ramos Bernal y Alicia Negrón Mendoza
Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM
Ciudad Universitaria, C.P. 04510 Del. Coyoacán, México D.F.

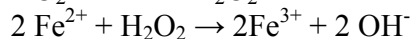
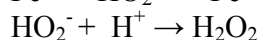
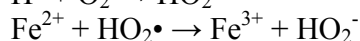
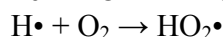
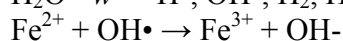
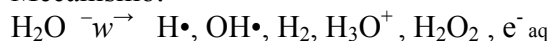
RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos después de irradiar sulfato amoniacal hexahidratado en estado sólido a bajas temperaturas (77 K, 263 K y 295 K) y altas dosis de radiación gamma (0 – 300 kGy), con objeto de establecer una relación de respuesta de densidad óptica-dosis. La reacción consiste en la oxidación del ión ferroso (Fe^{2+}) inducida por la radiación gamma en presencia de oxígeno. Con base en las características de este sistema, se propone su uso como dosímetro químico en estado sólido.

INTRODUCCIÓN

El dosímetro de Fricke ha sido empleado ampliamente desde 1925 para procesos de irradiación a temperatura ambiente y bajas dosis (40 – 400 Gy). Este sistema consiste en la preparación de una solución ácida de sulfato ferroso heptahidratado de alta pureza ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en la que la acción de la radiación gamma provoca la oxidación del ión ferroso en presencia de oxígeno. Reacción $\text{Fe}^{2+} \xrightarrow{\gamma} \text{Fe}^{3+}$.

Mecanismo:



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se prepararon muestras de $11,5 \pm 1,5$ g sulfato ferroso amoniacal hexahidratado de 98,6% de pureza [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] en frasco de vidrio, limpios y horneados. Se llevaron a la posición asignada en la cámara de irradiación de la unidad Gammabeam 651 PT donde se tiene la fuente de cobalto 60. Las muestras se irradiaron a 22°C (ambiente), -10°C (con un sistema de recirculación de líquido refrigerante dynalene HC-50) y -196 °C (en un recipiente Dewar con baño de nitrógeno líquido).

A diferentes intervalos de tiempo se tomaron muestras de $0,0552 \pm 0,001$ g, se disolvieron en ácido sulfúrico 0,8N y se aforaron a 10 mL.

La concentración molar del ión férrico formado se determina a partir de la lectura de densidad óptica a 304 nm de acuerdo con la ley de Lambert y Beer, $c = D.O./ \epsilon b$. La dosis absorbida por el sistema (D), se calcula de acuerdo con la ecuación $D = c/ \rho G$ en gray (Gy), donde c es la concentración en mol/L, $D.O.$ es la densidad óptica, ϵ es el coeficiente de absorptividad = 2160 L/mol·cm, b es la longitud de la celda = 1 cm, ρ es la densidad de la solución = 1,024 kg/L y G es el rendimiento radiolítico que para el caso del ión Fe^{3+} es de 15,5 moléculas/ 100 eV ó $1,607 \times 10^{-6}$ mol/J. Nota: 1 Gy = 1 J/kg.

OBSERVACIONES

- 1) El color de la sal cambió gradualmente de azul a naranja, pasando por verde y amarillo conforme aumentó la dosis (fotografía No. 1).
- 2) La densidad y el pH de una solución preparada con la sal irradiada disminuyeron, al ser comparadas con una solución de la sal no irradiada.
- 3) También se intentó hacer el trabajo con cloruro ferroso y con sulfato ferroso heptahidratado pero se suspendió el experimento porque el cloruro no es totalmente soluble en ácido sulfúrico 0,8N y con el sulfato ferroso no se obtiene reproducibilidad en los resultados ni respuesta lineal de densidad óptica-dosis.



Fotografía No. 1.

El color de la sal cambia conforme aumenta la dosis absorbida. De izquierda a derecha: 0, 35, 71, 145, 287 y 546 kGy.

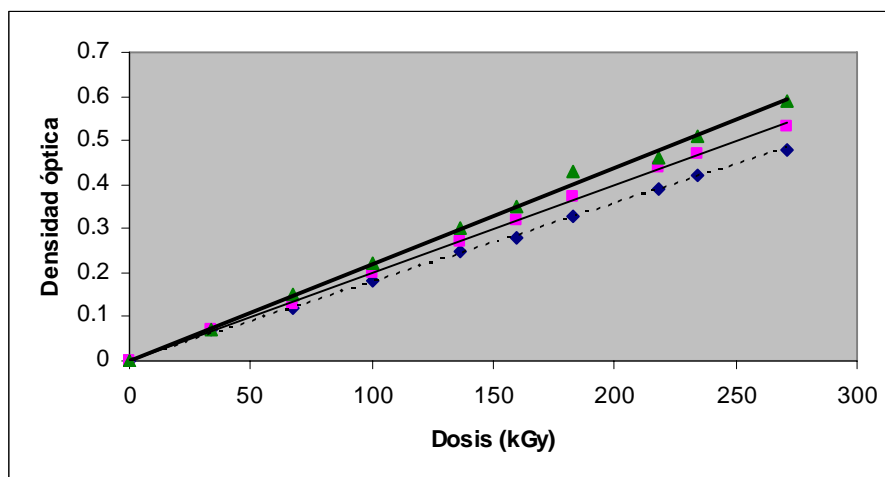
RESULTADOS

Los resultados experimentales se muestran en la tabla No. 1 en correspondencia con el gráfico No.1. La respuesta de densidad óptica vs. dosis es lineal a cada temperatura. La dosis absorbida a 77 K (-196 °C) es 20% mayor a la dosis requerida a 295 K (22 °C) para alcanzar una concentración igual de ión férrico producido.

Dosis Absorbida en kGy	D.O. ión Fe^{3+} T = 77 K	D.O. ión Fe^{3+} T = 263 K	D.O. ión Fe^{3+} T = 295 K
0	0	0	0
33,54	0,07	0,07	0,07
67,08	0,12	0,13	0,15
100,60	0,18	0,20	0,22
135,74	0,25	0,27	0,30
159,40	0,28	0,32	0,35

183,20	0,33	0,37	0,43
218,50	0,39	0,44	0,46
234,13	0,42	0,47	0,51
270,90	0,48	0,53	0,59

Tabla No.1. Resultados experimentales.



Gráfica No. 1. Respuesta de Densidad óptica vs. Dosis.

- ▲ a 295 K, $y = 0,0022x$ Razón de dosis: 50,5 Gy/min
- a 263 K, $y = 0,0020x$ Razón de dosis: 43,0 Gy/min
- ◆ a 77 K, $y = 0,0018x$ Razón de dosis: 45,5 Gy/min

CONCLUSIONES

El sistema sulfato ferroso amoniacal sólido puede ser empleado como dosímetro para procesos a altas dosis de radiación gamma dada la respuesta lineal obtenida.

La temperatura ejerce un efecto en la respuesta del dosímetro de manera no significativa.

Las ventajas que ofrece este sistema como dosímetro son: buena reproducibilidad de los resultados obtenidos, buen almacenamiento de la información, es una sustancia estable, antes, durante y después de irradiación y no necesita de un empaque especial.

REFERENCIAS

- 1) BROSKIEWICZ, R. "Errors in ferrous sulphate dosimetry". Phys. Med. Biol., 1970. Vol. 15
- 2) FRICKE, H. y Hart, E.J., "Chemical dosimetry, radiation dosimetry". Vol. 2, Academic Press, New York, 1966. p.167
- 3) HATEGAN, A. "Results on electron irradiated Fricke solutions at low temperatures". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. March, 2000.

- 4) JOHNSON, Everet. "The radiation-induced decomposition of inorganic molecular ions". Gordon and Breach Science Publishers. New York, 1971.
- 5) KLASSEN, N.V. et al. "Fricke dosimetry: the difference between $G_{(Fe^{3+})}$ for ^{60}Co gamma rays and high energy X-rays." Phys. Med. Biol. 44 (1999), pp. 1609-1624.
- 6) SPINKS, J.W.T. y R.J. Woods. "An introduction to Radiation Chemistry". 3rd Ed. John Wiley and sons, USA, 1970.
- 7) WOODS, Robert J. y Alexis K. Pikaev. "Applied Radiation Chemistry. Radiation Processing". Ed. John Wiley and sons. USA, 1994.